

UNIVERSAL ROBOTS

Benutzerhandbuch



UR3 / CB3

Übersetzung der originalen Anleitungen (de)



UNIVERSAL ROBOTS

Benutzerhandbuch

UR3/CB3

Version 3.1 (rev. 17330)

Übersetzung der originalen Anleitungen (de)

Seriennummer UR3: ______________________

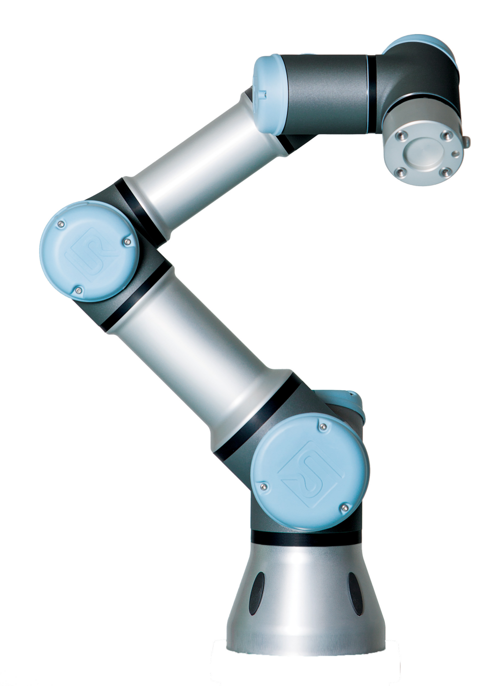
Seriennummer CB3: ______________________

Inhaltsverzeichnis

Vorwort



Herzlichen Glückwunsch zum Erwerb Ihres neuen Universal Robot, UR3.



Der Roboter kann zur Bewegung eines Werkzeugs programmiert werden und mit anderen Maschinen über elektrische Signale kommunizieren. Er ist ein Arm, der aus stranggepressten Aluminiumrohren und Gelenken besteht. Über unsere patentierte Programmieroberfläche, PolyScope, ist die Programmierung des Roboters zur Bewegung eines Werkzeugs entlang eines gewünschten Weges einfach.

Inhalt der Kartons

Wenn Sie einen kompletten Roboter bestellen, erhalten Sie zwei Boxen. Einer beinhaltet den Roboterarm und der andere enthält die folgenden Artikel:

- Steuergerät mit Teach Pendant;
- Montagevorrichtung für das Steuergerät;
- Montagevorrichtung für das Teach Pendant;
- Schlüssel zum Öffnen des Steuergeräts;
- Für Ihre Region kompatibles Netzkabel;
- Werkzeugkabel;
- Stylus-Stift mit Laser;
- UR Produktionsprüfzertifikat;
- Dieses Handbuch.

Wichtiger Sicherheitshinweis

Der Roboter ist eine *unvollständige Maschine* (siehe 8.2) und daher ist eine Risikobewertung für jede Installation des Roboters erforderlich. Es ist besonders wichtig, dass alle Sicherheitsanweisungen in Kapitel 1 befolgt werden.

Lesen dieses Handbuchs

Dieses Handbuch enthält Anweisungen für die Installation und Verwendung des Roboters. Dieser besteht aus den folgenden Teilen:

Hardware-Installationshandbuch: Mechanische und elektrische Installation des Roboters.

PolyScope-Handbuch: Programmierung des Roboters.

Dieses Handbuch richtet sich an den Integrator, von dem erwartet wird, dass er über eine mechanische und elektrische Grundausbildung verfügt. Es ist ebenfalls hilfreich, jedoch nicht zwingend erforderlich, mit den elementaren Konzepten des Programmierens vertraut zu sein. Es sind keine speziellen Kenntnisse über Roboter im Allgemeinen oder Universal Robots im Speziellen erforderlich.

Wo Sie weitere Informationen finden

Die Support-Webseite (`http://support.universal-robots.com/`), die allen UR Vertriebshändlern zur Verfügung steht, enthält zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel:

- Andere Sprachversionen dieses Handbuchs:
- PolyScope-Handbuch wird aktualisiert, nachdem PolyScope auf eine neue Version aktualisiert wurde.
- Das *Wartungshandbuch* mit Anleitungen zur Fehlerbehebung, Wartung und Reparatur des Roboters.
- Das *Skripthandbuch* für erfahrende Benutzer.

Teil I

Hardware-Installationshandbuch

1 Sicherheits-

1.1 Einleitung

Dieses Kapitel enthält wichtige Sicherheitsinformationen, die vom Integrator von UR Robotern gelesen und verstanden werden muss.

Die ersten Unterabschnitte in diesem Kapitel sind allgemeiner und die folgenden Unterabschnitte enthalten spezifischere technische Daten, die relevant für die Einrichtung und das Programmieren des Roboters sind.

Es ist von wesentlicher Bedeutung, dass alle Montageanweisungen und Anleitungen aus anderen Kapiteln und Teilen dieses Handbuchs beachtet und befolgt werden.

Insbesondere zu beachten sind Texte im Zusammenhang mit Warnsymbolen. Siehe Kapitel 5 für eine detaillierte Beschreibung der sicherheitsrelevanten Funktionen und Schnittstellen.

1.2 Gültigkeit und Verantwortung

Die Informationen decken jedoch nicht ab, wie eine Roboteranwendung konzipiert, installiert oder betrieben werden soll und decken darüber hinaus nicht alle peripheren Geräte ab, die die Sicherheit des kompletten Systems beeinflussen können. Das komplette System muss im Einklang mit den Sicherheitsanforderungen aus den Normen und Vorschriften des Landes konzipiert und installiert werden, in dem der Roboter installiert wird.

Die Integratoren von UR Robotern sind verantwortlich dafür sicherzustellen, dass die geltenden Sicherheitsgesetze und -vorschriften in dem betreffenden Land beachtet werden und dass wesentliche Gefahren in der kompletten Roboteranwendung ausgemerzt werden.

Dies beinhaltet, beschränkt sich jedoch nicht auf:

- Durchführung einer Risikobewertung für das komplette System:
- Kopplung von anderen Maschinen und zusätzlichen Sicherheitsgeräten, wenn durch Risikobewertung definiert;
- Einrichtung der angemessenen Sicherheitseinstellungen in der Software;
- Gewährleistung, dass der Benutzer keine Sicherheitsmaßnahmen verändert;
- Validierung, dass das gesamte System korrekt konzipiert und installiert ist;
- Spezifizierung der Nutzungsanweisungen;
- Markierung der Roboterinstallation mit entsprechenden Kennzeichnungen und Kontaktinformationen des Integrators;
- Sammlung der gesamten Dokumentation in technischen Unterlagen.

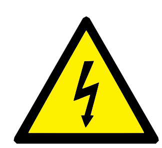
Eine Anleitung zum Finden und Lesen geltender Normen und Gesetze finden Sie unter `http://support.universal-robots.com/`

1.3 Haftungsbeschränkung

Die in diesem Handbuch angegebenen Informationen hinsichtlich der Sicherheit gelten nicht als Zusicherung durch UR, dass der industrielle Manipulator keine Verletzungen oder Schäden verursachen wird, selbst wenn alle Sicherheitsanweisungen eingehalten werden.

1.4 Warnsymbole in diesem Handbuch

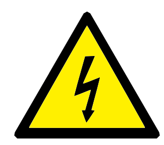
Die nachstehende Tabelle definiert die Beschriftungen zur Spezifizierung der Gefahrebenen, die in diesem Handbuch verwendet werden. Die gleichen Warnsignale werden auch auf dem Produkt verwendet.



GEFAHR:
Dies weist auf eine unmittelbar gefährliche elektrische Situation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zum Tod oder schweren Verletzungen führen kann.



GEFAHR:
Dies weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zum Tod oder schweren Verletzungen führen kann.



WARNUNG:
Dies weist auf eine potentiell gefährliche elektrische Situation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Verletzungen oder großen Geräteschäden führen kann.



WARNUNG:
Dies weist auf eine potentiell gefährliche Situation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Verletzungen oder großen Geräteschäden führen kann.



WARNUNG:
Dies weist auf eine potentiell gefährliche heiße Oberfläche hin, die bei Berührung Verletzungen verursachen kann.

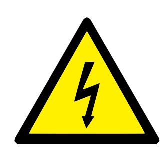


VORSICHT:
Dies weist auf eine potentiell gefährliche Situation hin, die, wenn sie nicht vermieden wird, zu Geräteschäden führen kann.



1.5 Allgemeine Warnungen und Sicherheitshinweise

Dieser Abschnitt enthält einige allgemeine Warnungen und Sicherheitshinweise. Einige von ihnen werden in anderen Teilen des Handbuchs wiederholt oder erklärt. Wiederum andere Warnungen und Sicherheitshinweise finden sich im gesamten Handbuch wieder.



GEFAHR:
Stellen Sie sicher, dass der Roboter und alle elektrischen Geräte entsprechend den Spezifikationen und Warnungen aus den Kapiteln 3 und 4 installiert werden.



WARNUNG:

1. Vergewissern Sie sich, dass der Roboterarm und das Werkzeug ordnungsgemäß und sicher festgeschraubt sind.
2. Gewährleisten Sie, dass ausreichend Platz vorhanden ist, damit sich der Roboterarm frei bewegen kann.
3. Stellen Sie sicher, dass die Sicherheitsmaßnahmen und/oder die Sicherheitskonfigurationsparameter des Roboters so eingerichtet wurden, um die Programmierer, Anwender und umstehenden Personen zu schützen, wie in der Risikobewertung festgelegt.
4. Tragen Sie bei der Arbeit mit dem Roboter keine weite Kleidung oder Schmuck. Langes Haar muss bei der Arbeit mit dem Roboter zurückgebunden sein.
5. Verwenden Sie den Roboter niemals, wenn er beschädigt ist.
6. Wenn die Software einen schwerwiegenden Fehler anzeigt, aktivieren Sie sofort die Notabschaltung, notieren Sie sich die Umstände, die zu dem Fehler geführt haben, finden Sie die zugehörigen Fehlercodes auf dem Protokollbildschirm und kontaktieren Sie Ihren Anbieter.
7. Schließen Sie keine Sicherheitsgeräte an Normal-E/A an. Verwenden Sie nur sicherheitsrelevante Schnittstellen.
8. Stellen Sie sicher, dass Sie die richtigen Installationseinstellungen verwenden (z. B. Roboterwinkel, Gewicht in TCP, TCP-Ausgleich und Sicherheitskonfiguration). Speichern und laden Sie die Installationsdatei zusammen mit dem Programm.
9. Die Freedrive-Funktion (Impedanz/Zurückfahren) sollte nur bei Installationen verwendet werden, in denen die Risikobewertung dies zulässt. Werkzeuge und Hindernisse sollten keine scharfen Kanten oder Klemmpunkte haben. Stellen Sie sicher, dass sich Kopf und Gesicht umstehender Personen nicht in Reichweite des Roboters befindet.
10. Achten Sie auf Roboterbewegung, wenn Sie das Teach-Pendant verwenden.
11. Betreten Sie nicht den Sicherheitsbereich des Roboters und berühren Sie den Roboter nicht, wenn das System in Betrieb ist.

11. Kollisionen setzen hohe Mengen an kinetischer Energie frei, die bei hohen Geschwindigkeiten und mit hohen Nutzlasten wesentlich höher sind. (Kinetische Energie = $\frac{1}{2}$Masse · Geschwindigkeit^2)
12. Das Kombinieren verschiedener Maschinen kann Gefahren erhöhen oder neue Gefahren erschaffen. Führen Sie stets eine Gesamtrisikobewertung für die komplette Installation durch. Wenn verschiedene Sicherheitsstopp- und Notabschaltungs-Leistungsebenen benötigt werden, wählen Sie immer die höchste Leistungsebene. Lesen und verstehen Sie stets die Handbücher für alle in der Installation verwendeten Geräte.
13. Verändern Sie den Roboter niemals. Eine Veränderung kann Gefahren erschaffen, die für den Integrator nicht vorhersehbar sind. Jeder autorisierte Wiederzusammenbau hat unter Einhaltung der neuesten Version aller relevanten Wartungshandbücher zu erfolgen. UNIVERSAL ROBOTS SCHLIESST JEGLICHE HAFTUNG AUS, WENN DAS PRODUKT AUF IRGENDEINE ART UND WEISE VERÄNDERT WURDE.
14. Wenn der Roboter mit einem zusätzlichen Modul (z. B. euromap67-Schnittstelle) erworben wird, belesen Sie sich im jeweiligen Handbuch zu dem Modul.



WARNUNG:

1. Der Roboter und das Steuergerät generieren Hitze während des Betriebs. Bedienen und berühren Sie den Roboter nicht während er sich in Betrieb befindet oder unmittelbar nach dem Betrieb. Schalten Sie den Roboter aus und warten Sie eine Stunde, damit er abkühlen kann.
2. Stecken Sie niemals Finger hinter die interne Abdeckung des Steuergeräts.



VORSICHT:

1. Wenn der Roboter mit Maschinen kombiniert wird oder mit Maschinen arbeitet, die den Roboter beschädigen könnten, wird ausdrücklich empfohlen, alle Funktionen und das Roboterprogramm separat zu prüfen. Es wird empfohlen, das Roboterprogramm unter Verwendung temporärer Wegpunkte außerhalb des Arbeitsbereichs anderer Maschinen zu prüfen. Universal Robots kann nicht für Schäden am Roboter oder anderen Geräten haftbar gemacht werden, wenn diese durch Programmierfehler oder eine Fehlfunktion des Roboters verursacht wurden.
2. Setzen Sie den Roboter keinen permanenten Magnetfeldern aus. Sehr starke Magnetfelder können den Roboter beschädigen.

1.6 Verwendungszweck

UR Roboter sind für die industrielle Bedienung von Werkzeugen und Aufsätzen oder die Verarbeitung oder das Transferieren von Komponenten und Produkten bestimmt. Für Details zu den Umgebungsbedingungen, in denen der Roboter eingesetzt werden sollte, siehe Anhang B und D.

UR Roboter sind mit speziellen sicherheitsrelevanten Funktionen ausgestattet, die für den kooperativen Betrieb, für den Betrieb des Roboters ohne Zäune und/oder zusammen mit einem Menschen konzipiert sind.

Der kooperative Betrieb ist nur für nicht gefährliche Anwendungen vorgesehen, in denen die komplette Anwendung, einschließlich des Werkzeugs, Werkstücks, Hindernisse und anderer Maschinen, laut Risikobewertung der Anwendung frei von wesentlichen Gefahren ist.

Jede Nutzung oder Anwendung, die von dem Verwendungszweck abweicht, wird als unzulässiger Fehlgebrauch erachtet. Dies beinhaltet, beschränkt sich jedoch nicht auf:

- Nutzung in potentiell explosionsgefährdeten Umgebungen;
- Nutzung medizinischen und lebenskritischen Anwendungen;
- Nutzung vor Durchführung einer Risikobewertung;
- Nutzung mit insuffizienten angegebenen Leistungsebenen;
- Nutzung bei Anwendungen, in denen die Reaktionszeiten der Sicherheitsfunktionen unzureichend sind;
- Nutzung als Steighilfe;
- Betrieb außerhalb der zulässigen Betriebsparameter.

1.7 Risikobewertung

Es ist am allerwichtigsten dass der Integrator eine Risikobewertung vornimmt. Der Roboter selbst ist eine unvollständige Maschine, da die Sicherheit der Roboterinstallation davon abhängt, wie der Roboter integriert wird (z. B. Werkzeug, Hindernisse und andere Maschinen).

Es wird empfohlen, dass der Integrator für die Durchführung der Risikobewertung die Richtlinien der Normen ISO 12100 und ISO 10218-2 nutzt.

Bei der Risikobewertung sollten zwei Szenarien in Betracht gezogen werden:

- Lernen des Roboter während der Entwicklung der Roboterinstallation:
- Normaler Betrieb der Roboterinstallation.

Wenn der Roboter in einer nicht kooperativen Installation installiert wird (z. B. wenn ein gefährliches Werkzeug verwendet wird), kann die Risikobewertung ergeben, dass der Integrator zusätzliche Sicherheitsgeräte anschließen muss (z. B. ein Aktivierungsgerät), um sich während des Programmierens zu schützen.

Universal Robots hat die unten stehenden potentiell bedeutenden Gefahren als Gefahren erkannt, die vom Integrator beachtet werden müssen. Bitte beachten Sie, dass andere bedeutende Risiken in einer speziellen Roboter-Installation vorhanden sein könnten.

1. Einklemmung von Fingern zwischen Roboterfuß und Basis (Gelenk 0).
2. Einklemmung von Fingern zwischen Handgelenk 1 und Handgelenk 2 (Gelenk 3 und Gelenk 4).
3. Offene Wunden durch scharfe Kanten und Punkte auf Werkzeug oder Werkzeug-Anschluss.
4. Offene Wunden durch scharfe Kanten und Punkte auf Hindernisse in der Nähe des Roboters.
5. Blutergüsse durch Schlag vom Roboter.
6. Verstauchung oder Knochenbruch zwischen einer schweren Nutzlast und einer harten Oberfläche.
7. Auswirkungen als Folge lockerer Schrauben, die den Roboterarm oder das Werkzeug halten.
8. Werkstücke, die aus dem Werkzeug fallen, beispielsweise aufgrund eines unzureichenden Griffs oder einer Stromunterbrechung.
9. Fehler durch unterschiedliche Notabschaltungs-Tasten für unterschiedliche Maschinen.

Informationen über Stoppzeiten und -entfernungen finden Sie im Anhang A.

1.8 Notabschaltung

Aktivieren Sie die Notabschaltungs-Taste, um unverzüglich alle Roboterbewegungen zu stoppen.

Notabschaltung darf nicht als Mittel zur Risikominderung eingesetzt werden, sondern als sekundäres Schutzgerät.

Die Risikobewertung der Roboter-Anwendung sollte beinhalten, ob weitere Notabschaltungstasten erforderlich sind. Notabschaltungstasten müssen den Anforderungen der IEC 60947-5-5-Norm entsprechen. Sie dazu auch Abschnitt 4.3.2.

1.9 Bewegung ohne Antriebskraft

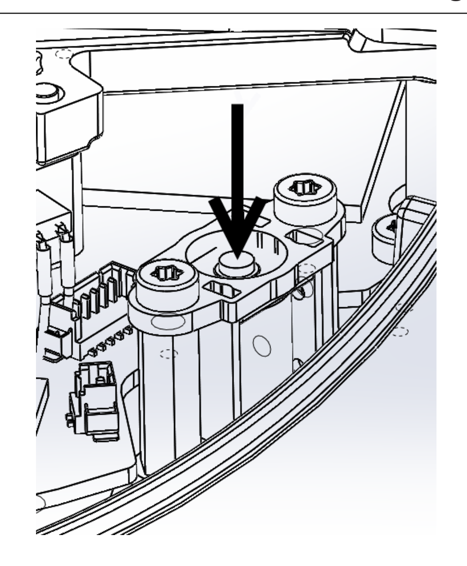
Im unwahrscheinlichen Fall einer Notfallsituation, bei der ein oder mehrere Robotergelenke bewegt werden müssen und die Stromzufuhr zum Roboter entweder nicht möglich oder nicht gewollt ist, gibt es zwei Möglichkeiten, Bewegungen der Robotergelenke zu erzwingen:

1. Erzwungenes Zurückfahren: Ziehen oder drücken Sie den Roboterarm kräftig (500 N), um ein Gelenk zu bewegen. Jede Gelenkbremse verfügt über eine Rutschkupplung, mit der eine Bewegung bei hohem Zwangsdrehmoment ermöglicht wird.
2. Manuelles Lösen der Bremsen (Nur bei Fuß-, Schulter- und Ellbogengelenk): Entfernen Sie die Gelenkabdeckung, indem Sie die wenigen M3-Schrauben herausschrauben, mit denen diese gehalten wird. Lösen Sie die Bremse, indem Sie den Stößel am kleinen Elektromagneten drücken, siehe unten stehende Abbildung.



WARNUNG:

1. Das manuelle Bewegen des Roboterarms ist nur für dringende Notfälle gedacht und kann zu Schäden an den Gelenken führen.
2. Das manuelle Lösen der Bremse kann aufgrund der Schwerkraft das Herabstürzen des Roboterarms bewirken. Sorgen Sie vor dem Lösen der Bremse immer für eine Abstützung des Roboterarms, Werkzeugs und Werkstückes.



2 Transport

Transportieren Sie den Roboter in der Originalverpackung. Bewahren Sie das Verpackungsmaterial an einem trockenen Ort auf; Sie müssen den Roboter später vielleicht abbauen und bewegen.

Heben Sie beide Rohre des Roboterarms gleichzeitig an, wenn Sie ihn von der Verpackung zum Ort der Installation bewegen. Halten Sie den Roboter in seiner Position fest, bis alle Montageschrauben am Fußflansch des Roboters sicher festgezogen sind.

Das Steuergerät sollte am Griff gehoben werden.



WARNUNG:

1. Stellen Sie sicher, dass Sie sich beim Heben der Geräte nicht überheben. Verwenden Sie geeignete Hebegeräte. Alle regionalen und nationalen Richtlinien zum Heben sind zu befolgen. Universal Robots kann nicht für Schäden haftbar gemacht werden, die durch den Transport der Geräte verursacht wurden.
2. Stellen Sie sicher, dass der Roboter gemäß der Montageanleitung in Kapitel 3 montiert wird.

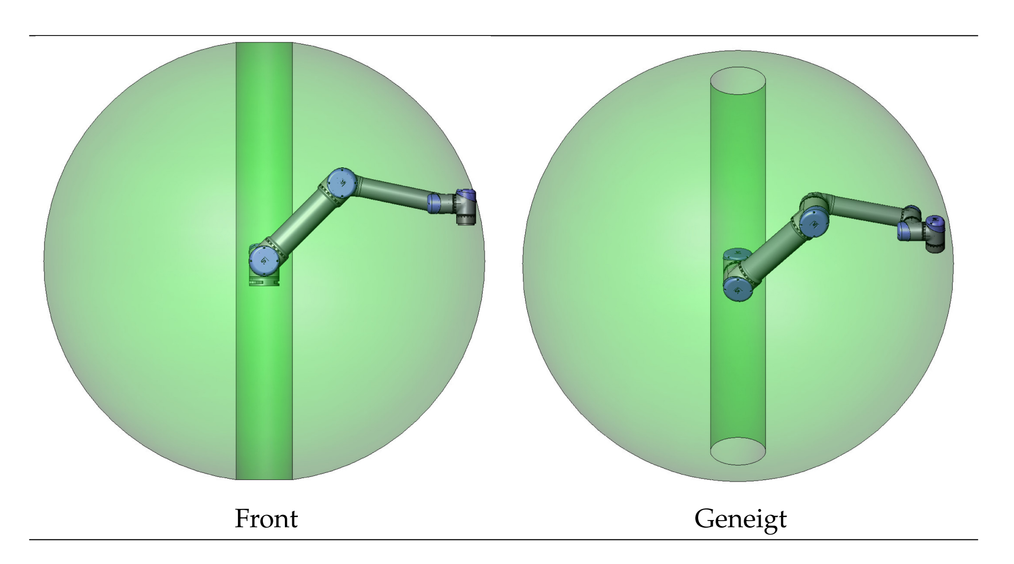
3 Mechanische Schnittstelle

Der Roboter besteht im Wesentlichen aus sechs Robotergelenken und zwei Aluminiumrohren, die das *Unterteil* mit dem Werkzeug des Roboters verbinden. Der Roboter ermöglicht, dass das Werkzeug innerhalb des Arbeitsbereiches seitlich bewegt und gedreht werden kann. Der folgende Unterabschnitt beschreibt die Grundlagen der Montage der verschiedenen Teile des Robotersystems.

Den Anweisungen für die elektrische Installation in Kapitel 4 ist Folge zu leisten.

3.1 Arbeitsbereich des Roboters

Der Arbeitsbereich des UR3Roboters erstreckt sich bis zu 500 mm vom Unterteilgelenk. Bitte beachten Sie bei der Auswahl eines Aufstellungsortes für den Roboter unbedingt das zylindrische Volumen direkt über und direkt unter dem Roboterunterteil. Eine Bewegung des Werkzeugs in der Nähe des zylindrischen Volumens sollte möglichst vermieden werden, da sich dadurch die Robotergelenke schnell bewegen müssen, obwohl sich das Werkzeug langsam bewegt. Dadurch arbeitet der Roboter ineffizient und die Durchführung der Risikobewertung ist schwierig.



Front | Geneigt

3.2 Montage

Roboterarm Der Roboterarm wird mithilfe von vier M6 Schrauben montiert, die in den vier 6.6 mm-Löchern des Roboterfußes befestigt werden. Es wird empfohlen, diese Schrauben mit 9 N m Drehmoment festzuziehen. Für eine sehr genaue Neupositionierung des Roboterarms sind zwei Ø5 Löcher zur Verwendung mit einem Stift vorgesehen. Darüber hinaus ist ein genaues Gegenstück des Fußes als Zubehörteil verfügbar. Abbildung 3.1 zeigt die Stelle, an der die Löcher zu bohren und die Schrauben zu montieren sind.

Montieren Sie den Roboter auf einer stabilen Oberfläche, die mindestens das Zehnfache des normalen Drehmoments des Fußflanschgelenks und mindestens das Fünffache des Gewichts des Roboterarms aushalten kann. Darüber hinaus sollte die Oberfläche vibrationsfrei sein.

Wird der Roboter auf einer linearen Achse oder einer sich bewegenden Plattform montiert, dann sollte die Geschwindigkeit der sich bewegenden Montagebasis sehr niedrig sein. Eine hohe Beschleunigung kann verursachen, dass der Roboter anhält, da er denkt, dass er mit etwas zusammengestoßen ist.



GEFAHR:
Vergewissern Sie sich, dass der Roboterarm ordnungsgemäß und sicher festgeschraubt ist. Die Montageoberfläche sollte stabil sein.



VORSICHT:
Wenn der Roboter über längere Zeit in Kontakt mit Wasser kommt, kann er beschädigt werden. Der Roboter sollte nicht im Wasser oder einer feuchten Umgebung montiert werden.

Werkzeug Der Werkzeugflansch des Roboters verfügt über vier Löcher mit M6-Gewinde zur Befestigung des Werkzeugs am Roboter. Die Löcher müssen mit 9 N m angezogen werden. Wenn eine sehr genaue Verlegung des Werkzeugs angestrebt wird, kann das Ø6-Loch mit einem Stift verwendet werden. Abbildung 3.2 zeigt die Stelle, an der die Löcher zu bohren und die Schrauben zu montieren sind.



GEFAHR:

1. Vergewissern Sie sich, dass das Werkzeug ordnungsgemäß und sicher festgeschraubt ist.
2. Stellen Sie sicher, dass das Werkzeug so konstruiert ist, dass es keine gefährliche Situation verursachen kann, indem es unerwartet ein Teil fallenlässt.

Steuergerät Das Steuergerät kann an der Wand angebracht oder auf den Boden gestellt werden. Ein freier Raum von 50 mm zu beiden Seiten wird für einen ausreichenden Luftstrom benötigt. Zusätzliche Halterungen zur Anbringung sind optional erhältlich.

Teach Pendant Das Teach Pendant kann an eine Wand oder an das Steuergerät gehängt werden. Zusätzliche Halterungen zur Anbringung des Teach Pendant sind optional erhältlich. Stellen Sie sicher, dass niemand über das Kabel stolpern kann.

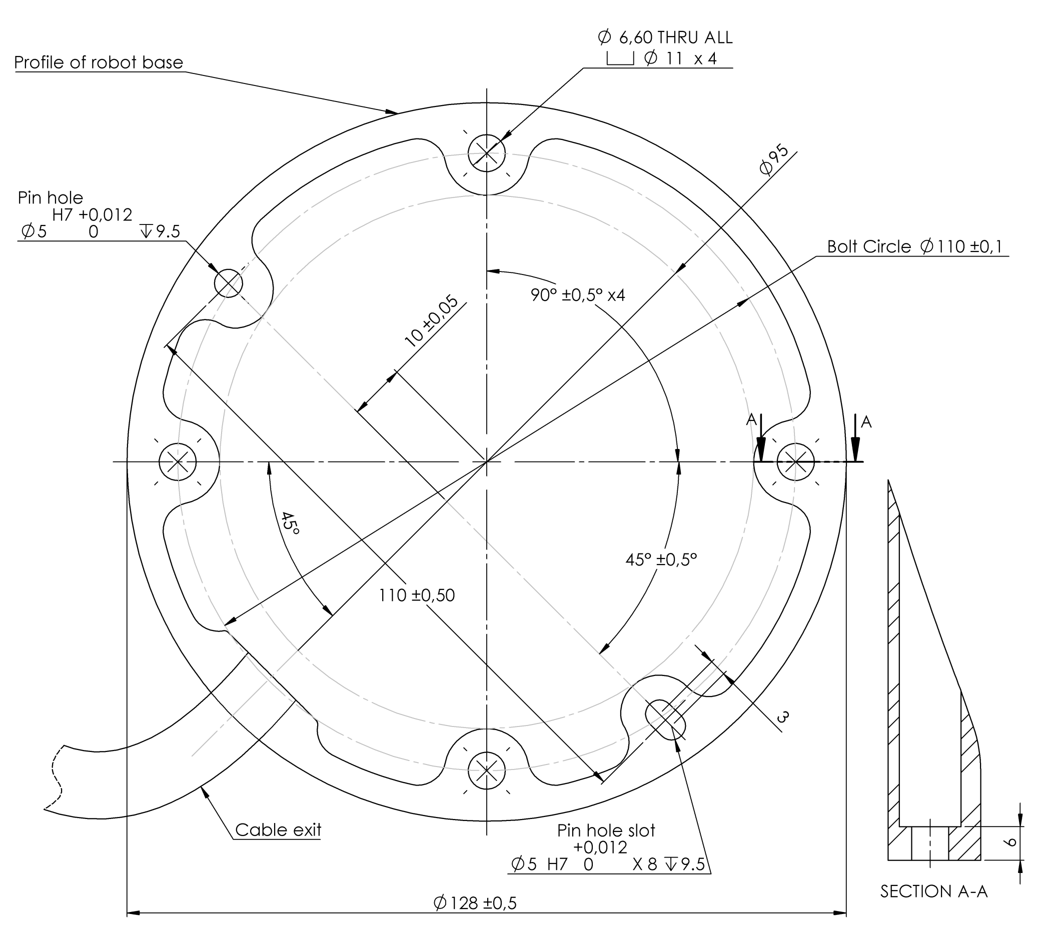


Abbildung 3.1: Löcher zur Montage des Roboters. Verwenden Sie vier M6 Schrauben. Alle Maßangaben sind in mm.

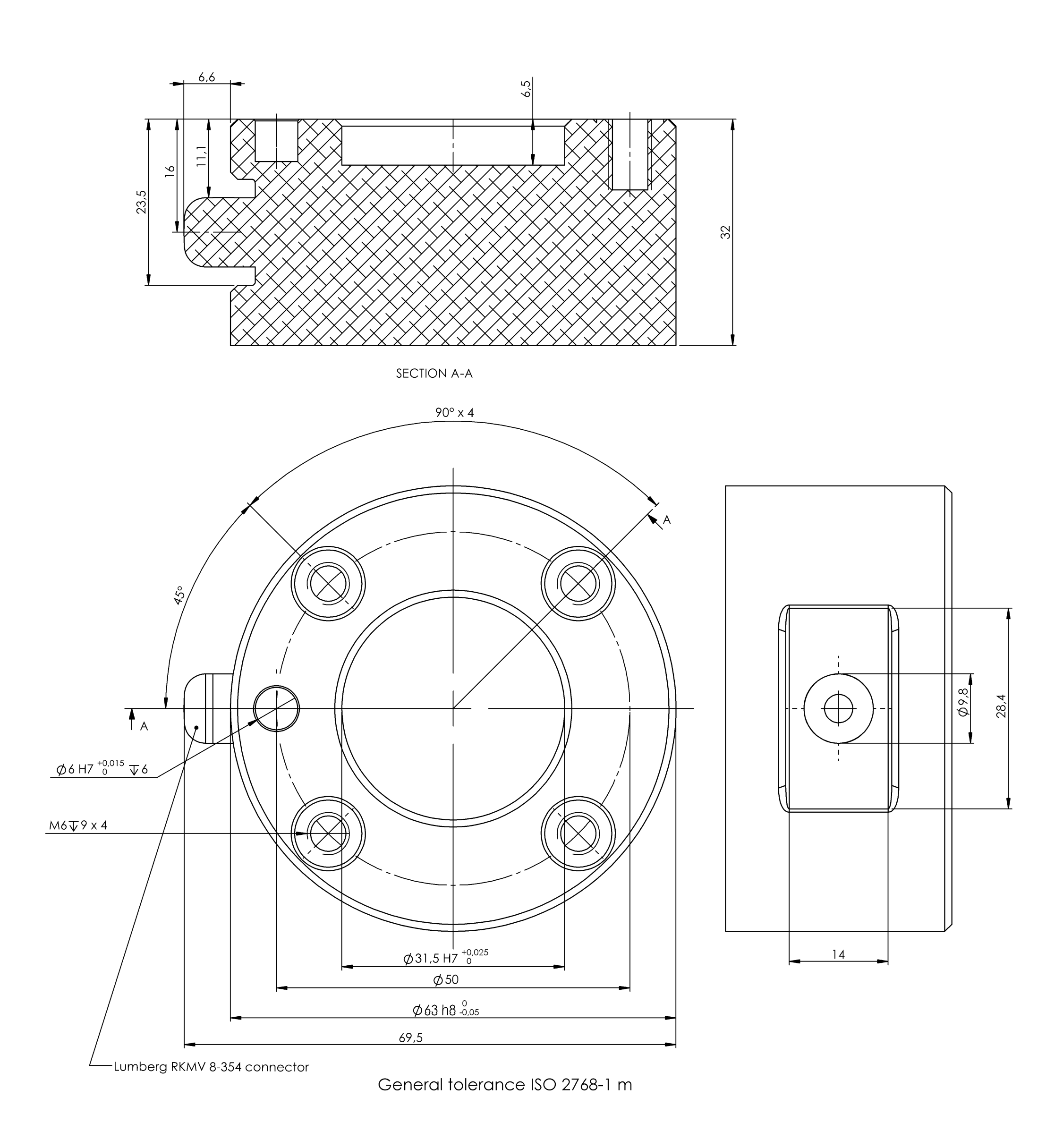
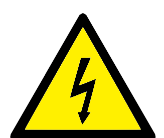


Abbildung 3.2: Der Werkzeugflansch, ISO 9409-1-50-4-M6. Hier wird das Werkzeug an die Spitze des Roboters montiert. Alle Maßangaben sind in mm.



GEFAHR:

1. Stellen Sie sicher, dass das Steuergerät, das Teach Pendant und die Kabel nicht in direkten Kontakt mit Flüssigkeit kommen. Ein nasses Steuergerät kann zum Tod führen.
2. Das Steuergerät und das Teach Pendant dürfen nicht in staubigen oder feuchten Umgebungen, die die Schutzart IP20 überschreiten, eingesetzt werden. Achten Sie auch besonders auf die Bedingungen in Umgebungen mit leitfähigem Staub.

4 Elektrische Schnittstelle

4.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschreibt alle elektrischen Schnittstellen des Roboterarms und des Steuergeräts.

Die verschiedenen Schnittstellen sind je nach Zweck und Eigenschaften in fünf Gruppen unterteilt:

- Steuergerät-E/A
- Werkzeug-E/A
- Ethernet
- Netzanschluss
- Roboteranschluss

Der Begriff „E/A" bezieht sich sowohl auf digitale als auch analoge Steuersignale von oder zu einer Schnittstelle.

Die fünf Gruppen sind in den folgenden Abschnitten beschrieben. Für den Großteil der E/A sind Beispiele angegeben.

Die Warnungen und Sicherheitshinweise des folgenden Abschnitts gelten für alle fünf Gruppen und müssen unbedingt beachtet werden.

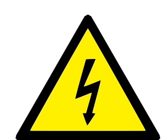
4.2 Elektrische Warnungen und Sicherheitshinweise

Die folgenden Warnungen und Sicherheitshinweise sind beim Entwurf und der Installation einer Roboteranwendung zu beachten. Die Warnungen und Sicherheitshinweise gelten auch für Wartungsarbeiten.



GEFAHR:

1. Schließen Sie Sicherheitssignale niemals an eine SPS an, bei der es sich nicht um eine Sicherheits-SPS mit entsprechender Schutzebene handelt. Eine Nichtbeachtung dieser Warnung kann schwere Verletzungen oder den Tod zur Folge haben, da eine der Sicherheitsstoppfunktionen übersteuert werden kann. Es ist wichtig, die Sicherheitsschnittstellensignale von den normalen E/A-Schnittstellensignalen getrennt zu halten.
2. Alle sicherheitsrelevanten Signale sind redundant aufgebaut (zwei unabhängige Kanäle). Halten Sie die beiden Kanäle getrennt, damit eine einzelne Störung nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen kann.
3. Einige E/A im Steuergerät können entweder als normal oder als sicherheitsrelevant konfiguriert werden. Machen Sie sich mit Abschnitt 4.3 vertraut.



GEFAHR:

1. Stellen Sie sicher, dass alle nicht wassergeschützten Geräte trocken bleiben. Wenn Wasser in das Produkt gelangt, verriegeln Sie alle Stromversorgungen und schalten Sie sie ab und kontaktieren Sie dann Ihren Anbieter.

2. Verwenden Sie nur die mit dem Roboter bereitgestellten Originalkabel. Setzen Sie den Roboter nicht für Anwendungen ein, bei dem die Kabel Biegung ausgesetzt sind. Kontaktieren Sie Ihren Anbieter, sollten Sie längere oder biegsame Kabel benötigen.

3. Nullanschlüsse sind mit „GND" (Erdung) bezeichnet und werden an die Schirmung des Roboters und an das Steuergerät angeklemmt. Alle erwähnten Erdungsanschlüsse (GND) sind nur zur Stromversorgung und Signalgebung konzipiert. Verwenden Sie als PE (Schutzerde) die mit Erdungssymbolen gekennzeichneten M6-Schraubverbindungen im Inneren des Steuergeräts. Der Masseverbinder sollte mindestens denselben Nennstrom haben, wie der höchste Strom im System.

4. Bei der Installation der Schnittstellenkabel an den Roboter-E/A ist sorgfältig vorzugehen. Die Metallplatte am unteren Teil ist für Schnittstellenkabel und Anschlüsse bestimmt. Entfernen Sie die Platte, bevor Sie die Löcher bohren. Stellen Sie sicher, dass vor der erneuten Installation der Platte alle Späne entfernt worden sind. Denken Sie daran, die korrekten Verschraubungsgrößen zu verwenden.



VORSICHT:

1. Der Roboter wurde gemäß internationalen IEC-Standards auf EMV (elektromagnetische Verträglichkeit) getestet. Störsignale mit höheren Pegeln als denen, die in den spezifischen IEC-Normen angegeben sind, können ein unerwartetes Verhalten des Roboters verursachen. Sehr hohe Signalpegel oder übermäßige Aussetzung können den Roboter dauerhaft beschädigen. EMV-Probleme treten häufig in Scheißprozessen auf und werden in der Regel von Fehlermeldungen im Protokoll verursacht. Universal Robots kann nicht für Schäden haftbar gemacht werden, die durch EMV-Probleme verursacht wurden.
2. E/A-Kabel zwischen dem Steuergerät und anderen Maschinen/Geräten dürfen nicht länger als 30 m sein, es sei denn es werden erweiterte Prüfungen durchgeführt.

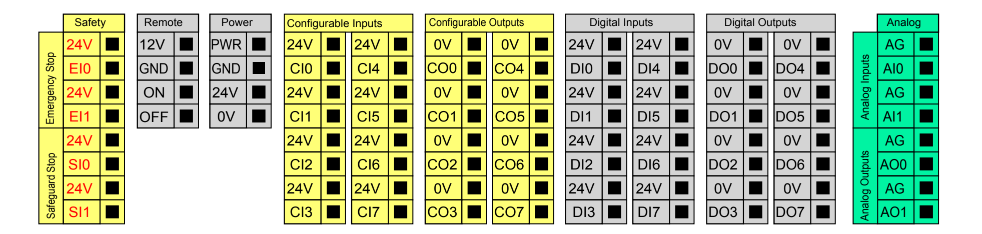


HINWEIS:
Alle Spannungen und Ströme sind, sofern nicht anders angegeben, DC (Gleichstrom).

4.3 Steuergerät-E/A

Dieses Kapitel erklärt, wie Geräte an den E/A im Steuergerät angeschlossen werden. Dieser E/A ist äußerst flexibel und kann für eine Vielzahl von verschiedenen Geräten verwendet werden, wie pneumatische Relais, SPS und Notabschaltungs-Tasten.

Die folgende Abbildung zeigt die Anordnung der elektrischen Schnittstelle im Steuergerät.



Die Bedeutung der verschiedenen Farben ist zu beachten; siehe unten.

Gelb mit roter Schrift	Dedizierte Sicherheitssignale
Gelb mit schwarzer Schrift	Für die Sicherheit konfigurierbar
Grau mit schwarzer Schrift	Digital-E/A für allgemeine Zwecke
Grün mit schwarzer Schrift	Analog-E/A für allgemeine Zwecke



Der „konfigurierbare" E/A kann in der GUI entweder als sicherheitsrelevanter E/A oder als E/A für allgemeine Zwecke konfiguriert werden. Mehr dazu in Teil II.

Wie Sie den Digital-E/A verwenden, wird in den folgenden Unterabschnitten beschrieben. Beachten Sie den Abschnitt, der die gemeinsamen Spezifikationen beschreibt.

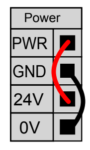
4.3.1 Gemeinsame Spezifikationen für alle Digital-E/A

Dieser Abschnitt definiert die elektrischen Spezifikationen für den folgenden 24 V Digital-E/A des Steuergeräts.

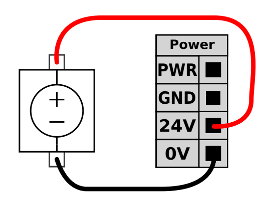
- Sicherheits-E/A.
- Konfigurierbarer E/A.
- Allzweck-E/A.

Es ist äußerst wichtig, dass UR Roboter nach den für alle drei Eingangsarten gleichen, elektrischen Spezifikationen installiert werden.

Es ist möglich, den digitalen E/A mit einer internen 24-V-Stromversorgung oder mit einer externen Stromversorgung zu betreiben, indem der Klemmenblock „Power" entsprechend konfiguriert wird. Dieser Block besteht aus vier Klemmen. Die oberen zwei (PWR und GND) sind der 24-V- und Erdungsanschluss der internen 24-V-Stromversorgung. Die unteren beiden Klemmen (24 V und 0 V) des Blocks umfassen den 24-V-Eingang der E/A-Versorgung Die Standardkonfiguration ist die interne Stromversorgung (siehe unten).



Wenn mehr Strom benötigt wird, kann eine externe Stromversorgung angeschlossen werden (siehe unten).



Die elektrischen Spezifikationen für eine interne und externe Stromversorgung sind unten angegeben.

Klemmen	Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Interne 24-V-Stromversorgung					
[PWR - GND]	Spannung	23	24	25	V
[PWR - GND]	Strom	0	-	2	A
Externe 24 V Eingangsanforderungen					
[24V { 0V]	Spannung	20	24	29	V
[24V { 0V]	Strom	0	-	6	A

Der digitale E/A erfüllt IEC 61131-2. Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Klemmen	Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Digitalausgänge					
[COx / DOx]	Strom	0	-	1	A
[COx / DOx]	Spannungsabfall	0	-	0,5	V
[COx / DOx]	Kriechstrom	0	-	0,1	mA
[COx / DOx]	Funktion	-	PNP	-	Typ
[COx / DOx]	IEC 61131-2	-	1A	-	Typ
Digitaleingänge					
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Spannung	-3	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	OFF Region	-3	-	5	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	ON Region	11	-	30	V
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Strom (11 – 30 V)	2	-	15	mA
[EIx/SIx/CIx/DIx]	Funktion	-	PNP	-	Typ
[EIx/SIx/CIx/DIx]	IEC 61131-2	-	3	-	Typ



HINWEIS:
Als „konfigurierbar" wird ein E/A bezeichnet, der entweder als sicherheitsrelevanter oder als normaler E/A konfiguriert werden kann. Es handelt sich dabei um die gelben Klemmen mit schwarzer Schrift.

4.3.2 Sicherheits-E/A

Dieser Abschnitt beschreibt die dedizierten Sicherheitseingänge (gelbe Klemmen mit roter Schrift) und als Sicherheits-E/A konfigurierte, konfigurierbare E/A (gelbe Klemmen mit schwarzer Schrift). Die gemeinsamen Spezifikationen im Abschnitt 4.3.1 sind zu beachten.

Sicherheitsausrüstung und -geräte müssen unter Einhaltung der Sicherheitsanweisungen und der Risikobewertung installiert werden; siehe Kapitel 1.

Alle Sicherheits-E/A sind paarweise angeordnet (redundant) und müssen als zwei separate Zweige beibehalten werden. Eine einzelne Störung darf nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.

Die beiden permanenten Sicherheitseingänge sind für die Notabschaltung und den Schutzstopp vorgesehen. Der Notabschaltungs-Eingang ist nur für Notabschaltungs-Geräte. Der Schutzstopp-Eingang gilt für sicherheitsrelevante Schutzausrüstung aller Art. Der funktionelle Unterschied wird im Folgenden erklärt.



	Notabschaltung	Schutzstopp
Roboterbewegung stoppt	Ja	Ja
Programmausführung	Stoppvorgänge	Pausen
Roboterstrom	/qoff	/qon
Reset	Manuell	Automatisch oder manuell
Einsatzhäufigkeit	Nicht häufig	Jeder Durchlauf bis nicht häufig
Erfordert erneute Initialisierung	Nur Bremsfreigabe	Nein
Stoppkategorie (IEC 60204)	1	2
Leistungsniveau (ISO 13849-1)	PLd	PLd

Es besteht die Möglichkeit, den konfigurierbaren E/A dazu zu verwenden, zusätzliche E/A-Sicherheitsfunktionen, wie z. B. einen Notabschaltungsausgang, einzurichten. Das Einrichten konfigurierbarer E/A für Sicherheitsfunktionen erfolgt über die GUI; siehe Teil II.

Beispiele zur Verwendung von Sicherheits-E/A finden Sie in den folgenden Abschnitten.

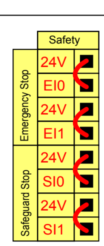


GEFAHR:

1. Schließen Sie Sicherheitssignale niemals an eine SPS an, bei der es sich nicht um eine Sicherheits-SPS mit entsprechender Schutzebene handelt. Eine Nichtbeachtung dieser Warnung kann schwere Verletzungen oder den Tod zur Folge haben, da eine der Sicherheitsstoppfunktionen übersteuert werden kann. Es ist wichtig, die Sicherheitsschnittstellensignale von den normalen E/A-Schnittstellensignalen getrennt zu halten.
2. Alle sicherheitsrelevanten E/A sind redundant aufgebaut (zwei unabhängige Kanäle). Halten Sie die beiden Kanäle getrennt, damit eine einzelne Störung nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen kann.
3. Sicherheitsfunktionen müssen vor der Inbetriebnahme des Roboters überprüft werden. Sicherheitsfunktionen müssen regelmäßig geprüft werden.
4. Die Roboterinstallation soll diesen Spezifikationen entsprechen. Eine Nichtbeachtung kann schwere Verletzungen oder den Tod zur Folge haben, da die Sicherheitsstoppfunktion übersteuert werden kann.

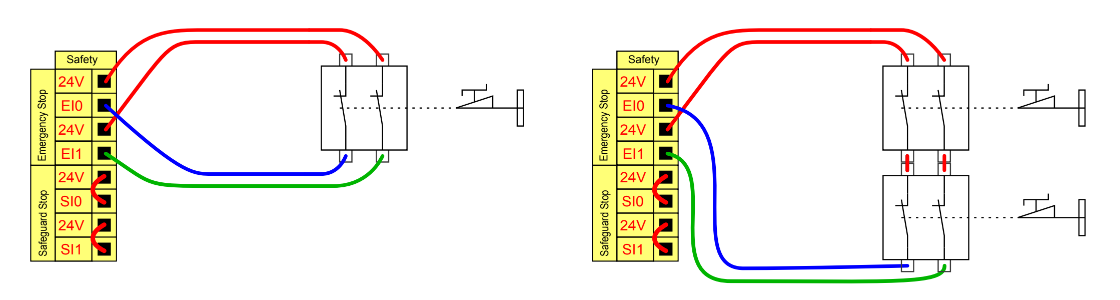
4.3.2.1 Standardmäßige Sicherheitskonfiguration

Der Roboter wird mit einer Standardkonfiguration für den Betrieb ohne zusätzliche Sicherheitsausstattung ausgeliefert (siehe Abbildung unten).



4.3.2.2 Notabschaltungs-Tasten anschließen

In den meisten Roboteranwendungen ist die Nutzung einer oder mehrerer zusätzlicher Notabschaltungs-Tasten erforderlich. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Verwendung mehrerer Notabschaltungs-Tasten.



4.3.2.3 Notabschaltung mit mehreren Maschinen teilen

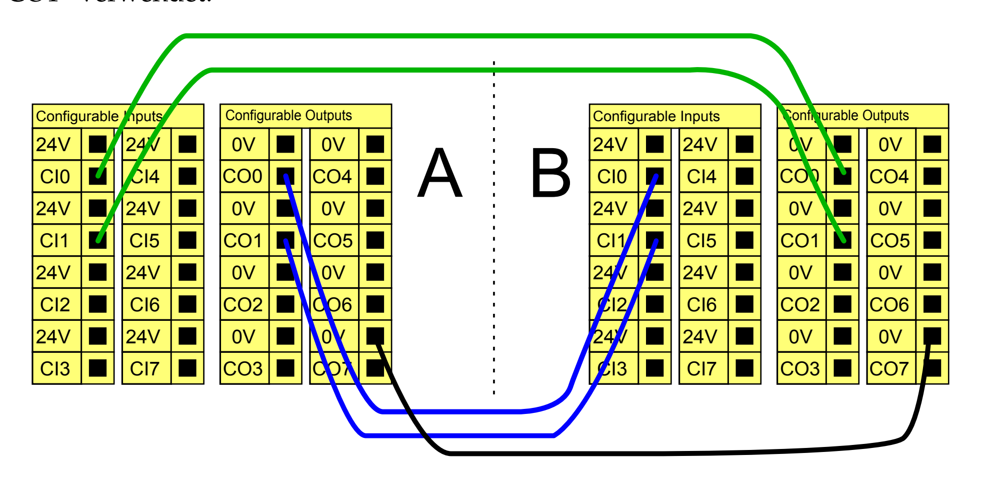
Bei der Nutzung des Roboters mit anderen Maschinen ist es oftmals erstrebenswert, einen gemeinsamen Notabschaltungs-Stromkreis einzurichten. Der Betreiber muss dann im Ernstfall keine Entscheidung darüber treffen, welche Notabschaltungs-Tasten zu betätigen sind.

Der normale Notabschaltungs-Eingang kann nicht für die gemeinsame Nutzung verwendet werden, da beide Maschinen darauf warten würden, bis sich die andere nicht mehr im Notabschaltungs-Zustand befindet.

Um die Notabschaltungs-Funktion mit anderen Maschinen zu teilen, müssen Sie die folgenden konfigurierbaren E/A-Funktionen über die GUI konfigurieren.

- Konfigurierbares Eingabepaar: Externe Notabschaltung.
- Konfigurierbares Ausgabepaar: System-Notabschaltung.

Die folgende Abbildung zeigt, wie zwei UR Roboter Notabschaltungsfunktionen teilen. In diesem Beispiel werden die konfigurierten E/A „CI0-CI1“ und „CO0-CO1“ verwendet.

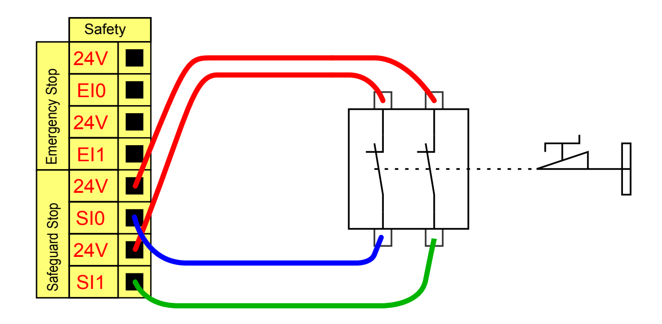




Falls mehr als zwei UR Roboter oder andere Maschinen verbunden werden sollen, ist eine Sicherheits-SPS nötig, um die Notabschaltungssignale zu steuern.

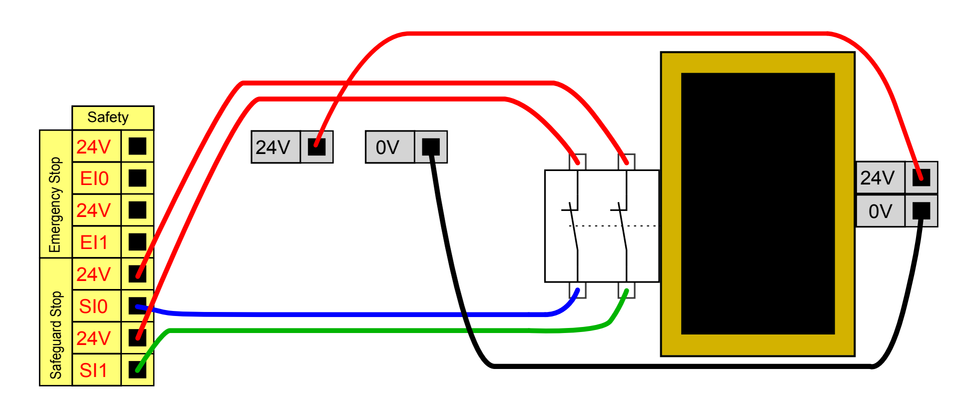
4.3.2.4 Schutzstopp mit automatischer Fortsetzung

Ein Beispiel für ein einfaches Schutzstopp-Gerät ist ein Türschalter, der den Roboter stoppt, wenn die Tür geöffnet wird; siehe Abbildung unten.



Diese Konfiguration trifft nur auf Anwendungen zu, bei denen der Betreiber die Tür nicht passieren und hinter sich schließen kann. Mit dem konfigurierbaren E/A kann vor der Tür eine Reset-Taste eingerichtet werden, um den Roboterbetrieb fortzusetzen.

Ein weiteres Beispiel für eine automatische Fortsetzung ist die Verwendung einer Sicherheitsschaltmatte oder eines Sicherheits-Laser-Scanners, siehe unten.



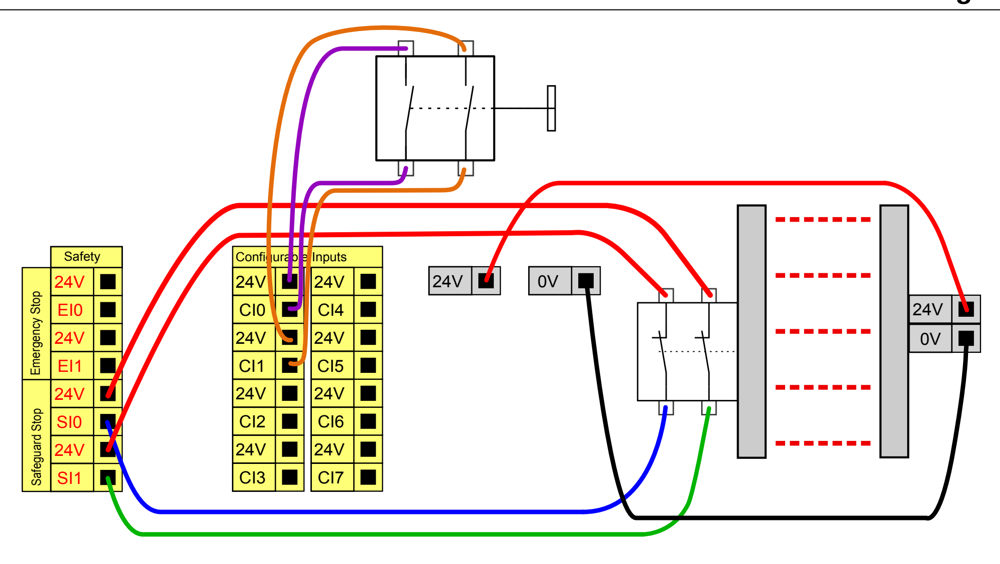


GEFAHR:

1. Der Roboter setzt den Betrieb automatisch fort, sobald das Schutzstoppsignal wiederhergestellt ist. Verwenden Sie diese Konfiguration nicht, wenn das Signal von der Sicherheitszone aus wiederhergestellt werden kann.

4.3.2.5 Schutzstopp mit Reset-Taste

Wenn die Schutzstopp-Schnittstelle mit einem Lichtvorhang verbunden ist, ist ein Reset von außerhalb der Sicherheitszone erforderlich. Die Reset-Taste benötigt zwei Kanäle. In diesem Beispiel ist der E/A „CI0-CI1" für die Reset-Taste konfiguriert, siehe unten.



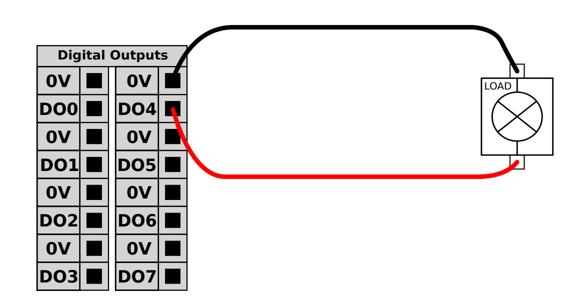
4.3.3 Digital-E/A für allgemeine Zwecke

Dieser Abschnitt beschreibt die 24 V Allzweck-E/A (graue Klemmen) und die nicht als Sicherheits-E/A konfigurierten, konfigurierbaren E/A (gelbe Klemmen mit schwarzer Schrift). Die gemeinsamen Spezifikationen im Abschnitt 4.3.1 sind zu beachten.

Die Allzweck-E/A können für die direkte Steuerung von Geräten wie pneumatischen Relais oder für die Kommunikation mit anderen SPS-Anlagen verwendet werden. Alle Digitalausgänge können automatisch deaktiviert werden, wenn die Programmausführung gestoppt wird; mehr dazu im Teil II. In diesem Modus ist der Ausgang immer niedrig, wenn ein Programm nicht läuft. Beispiele dafür finden Sie in den folgenden Unterabschnitten. In den Beispielen werden reguläre Digitalausgänge verwendet. Solange er nicht für eine Sicherheitsfunktion konfiguriert werden soll, kann jeder beliebige konfigurierbare Ausgang verwendet werden.

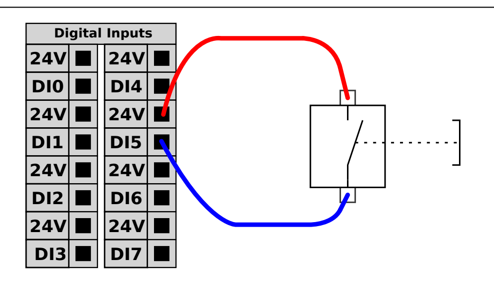
4.3.3.1 Verbraucher gesteuert durch Digitalausgang

Diese Abbildung zeigt, wie eine Last anzuschließen ist, die von einem Digitalausgang gesteuert wird; siehe unten.



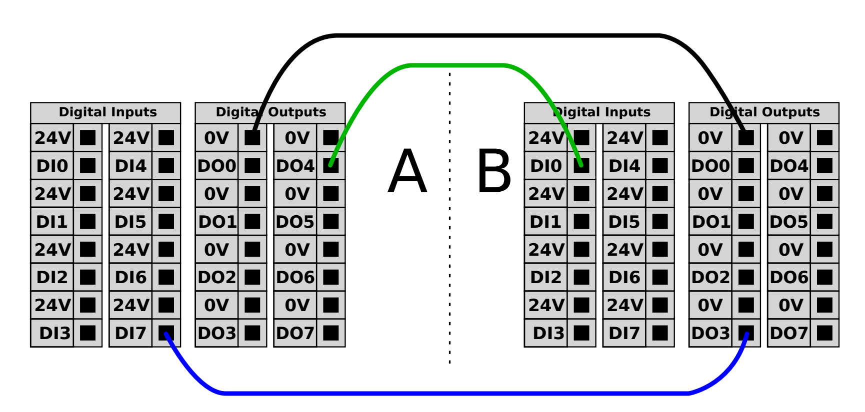
4.3.4 Digitaleingang durch eine Taste

Die Abbildung unten veranschaulicht den Anschluss einer einfachen Taste an einen Digitaleingang.



4.3.5 Kommunikation mit anderen Maschinen oder SPS

Der digitale E/A kann verwendet werden, um mit anderen Geräten zu kommunizieren, sofern ein gemeinsamer GND (0V) besteht und die Maschine PNP-Technologie verwendet; siehe unten.



4.3.6 Analog-E/A für allgemeine Zwecke

Die Analog-E/A-Schnittstelle ist die grüne Klemme. Sie kann verwendet werden, um die Spannung (0 – 10 V) oder den Strom (4 – 20 mA) von und zu anderen Geräten festzulegen oder zu messen.

Folgendes wird empfohlen, um eine hohe Genauigkeit zu erreichen.

- Verwenden Sie die AG-Klemme, die dem E/A am nächsten liegt. Das Paar teilt sich einen gemeinsamen Modus-Filter.
- Verwenden Sie den gleichen GND (0 V) für Geräte und das Steuergerät. Der Analog E/A ist nicht galvanisch vom Steuergerät getrennt.
- Verwenden Sie ein abgeschirmtes Kabel oder verdrillte Doppelkabel. Schließen Sie die Abschirmung an den „GND"-Anschluss der „Power"-Klemme an.
- Die Verwendung von Geräten im Strommodus. Stromsignale sind weniger störanfällig.

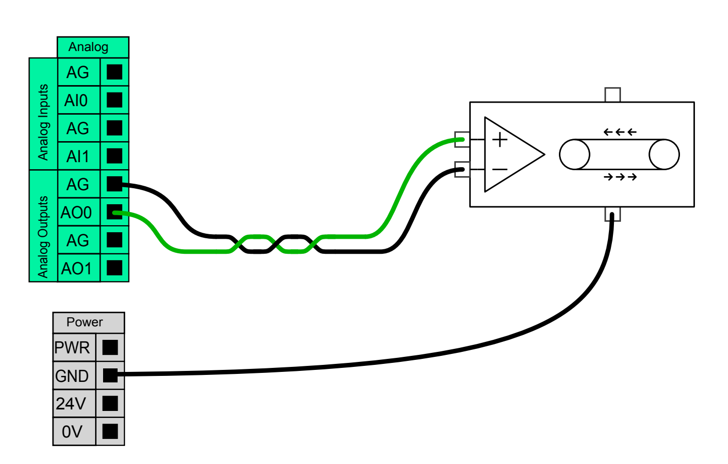
Eingangsmodi können in der GUI ausgewählt werden; siehe Teil II. Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Klemmen	Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Analogeingang im Strommodus					
[AIx - AG]	Strom	4	-	20	mA
[AIx - AG]	Widerstand	-	20	-	Ohm
[AIx - AG]	Auflösung	-	12	-	Bit
Analogeingang im Spannungsmodus					
[AIx - AG]	Spannung	0	-	10	V
[AIx - AG]	Widerstand	-	10	-	kOhm
[AIx - AG]	Auflösung	-	12	-	Bit
Analogausgang im Strommodus					
[AOx - AG]	Strom	4	-	20	mA
[AOx - AG]	Spannung	0	-	10	V
[AOx - AG]	Auflösung	-	12	-	Bit
Analogausgang im Spannungsmodus					
[AOx - AG]	Spannung	0	-	10	V
[AOx - AG]	Strom	-20	-	20	mA
[AOx - AG]	Widerstand	-	1	-	Ohm
[AOx - AG]	Auflösung	-	12	-	Bit

Die folgenden Beispiele veranschaulichen, wie die Analog-E/A verwendet werden.

4.3.6.1 Verwenden eines Analogausgangs

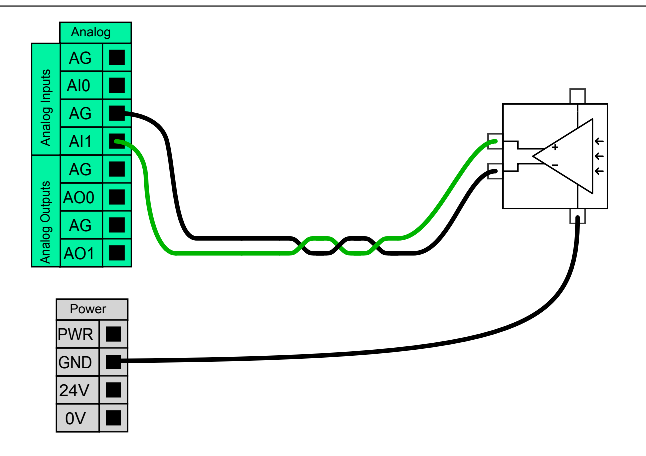
Im Folgenden finden Sie ein Beispiel dazu, wie ein Förderband mit einer analogen Drehzahlsteuereingabe gesteuert werden kann.



4.3.6.2 Verwenden eines Analogeingangs

Im Folgenden finden Sie ein Beispiel dazu, wie man einen analogen Sensor anschließt.





4.3.7 EIN-/AUS-Fernsteuerung

Die EIN-/AUS-Fernsteuerung kann verwendet werden, um das Steuergerät ein- und ausschalten, ohne das Teach Pendant zu verwenden. Sie wird normalerweise für folgende Anwendungen verwendet:

- Wenn das Teach Pendant nicht zugänglich ist.
- Wenn eine SPS-Anlage die volle Kontrolle hat.
- Wenn mehrere Roboter gleichzeitig ein- oder ausgeschaltet werden müssen.

Die EIN-/AUS-Fernsteuerung bietet eine kleine 12-V-Hilfsstromversorgung, die aktiv bleibt, wenn das Steuergerät ausgeschaltet ist. Die „on" und „off"-Eingänge sind nur für kurzzeitige Aktivierung gedacht. Der „on"-Eingang funktioniert genauso wie die Taste Power. Verwenden Sie für das Ausschalten mit der Fernsteuerung immer den „off"-Eingang, da dieses Signal das Speichern von Dateien und das problemlose Herunterfahren des Steuergeräts ermöglicht.

Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Klemmen	Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
[12V { GND]	Spannung	10	12	13	V
[12V { GND]	Strom	-	-	100	mA
[EIN / AUS]	Inaktive Spannung	0	-	0,5	V
[EIN / AUS]	Aktive Spannung	5	-	12	V
[EIN / AUS]	Eingangsstrom	-	1	-	mA
[EIN]	Aktivierungszeit	200	-	600	ms

Die folgenden Beispiele veranschaulichen, wie die EIN-/AUS-Fernsteuerung funktioniert.



HINWEIS:
Eine spezielle Funktion der Software ermöglicht es, Programme automatisch zu laden und zu starten; siehe Teil II

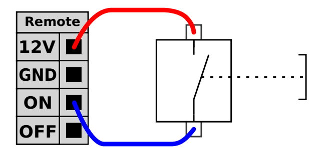


VORSICHT:

1. Verwenden Sie niemals den „on"-Eingang oder die Taste Power, um das Steuergerät auszuschalten.

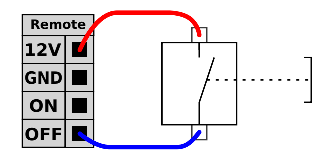
4.3.7.1 EIN-Ferntaste

Die Abbildung unten zeigt, wie eine Ein-Ferntaste angeschlossen wird.



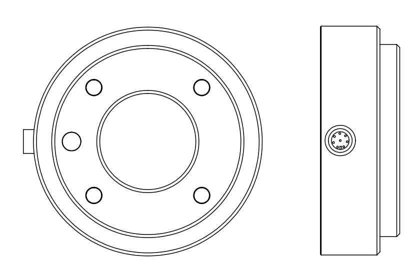
4.3.7.2 AUS-Ferntaste

Die Abbildung unten zeigt, wie eine Aus-Ferntaste angeschlossen wird.



4.4 Werkzeug-E/A

An der Werkzeugseite des Roboters gibt es einen kleinen Stecker mit acht Stiften; siehe Abbildung unten.



Dieser Stecker liefert Leistungs- und Steuerungssignale für Greifer und Sensoren, die mit einem bestimmten Roboterwerkzeug verwendet werden. Die folgenden Industriekabel sind für die Anwendung geeignet:

- Lumberg RKMV 8-354.

Die acht Adern des Kabels haben unterschiedliche Farben. Jede Farbe steht für eine gewisse Funktion; siehe Tabelle unten:

Farbe	Signal
Rot	0 V (GND)
Grau	0 V/+12 V/+24 V (LEISTUNG)
Blau	Digitalausgang 8 (DO8)
Pink	Digitalausgang 9 (DO9)
Gelb	Digitaleingang 8 (DI8)
Grün	Digitaleingang 9 (DI9)
Weiß	Analogeingang 2 (AI2)
Braun	Analogeingang 3 (AI3)

Die interne Stromversorgung kann auf der Registerkarte „E/A" in der GUI auf 0 V, 12 V oder 24 V eingestellt werden; siehe Teil II. Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben:

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Versorgungsspannung im 24-V-Modus	-	24	-	V
Versorgungsspannung im 12-V-Modus	-	12	-	V
Versorgungsstrom in beiden Modi	-	-	600	mA

Die folgenden Abschnitte beschreiben die unterschiedlichen E/A des Werkzeugs.



GEFAHR:

1. Werkzeuge und Greifer sollten so konstruiert sein, dass eine Unterbrechung der Stromversorgung zu keinerlei Gefährdung führt, wie zum Beispiel durch ein herausfallendes Werkstück.
2. Verwenden Sie die Option 12 V vorsichtig, da ein Fehler durch den Programmierer einen Spannungswechsel auf 24 V verursachen kann, was zu Schäden an den Geräten und zu einem Brand führen kann.



HINWEIS:
Der Werkzeugflansch wird an die Erdung (GND) angeschlossen (wie die rote Ader).

4.4.1 Digitalausgänge des Werkzeugs

Die digitalen Ausgänge werden als NPN umgesetzt. Wenn ein Digitalausgang aktiviert wird, wird der entsprechende Anschluss auf Erdung gesetzt. Wenn ein Digitalausgang deaktiviert wird, ist der entsprechende Anschluss offen (open collector/open drain). Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben:

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Spannung wenn offen	-0,5	-	26	V
Spannung beim Absinken 1 A	-	0,05	0,20	V
Strom beim Absinken	0	-	1	A
Strom durch GND	0	-	1	A

Ein Beispiel, das die Verwendung eines Digitalausgangs veranschaulicht, finden Sie im folgenden Unterabschnitt.

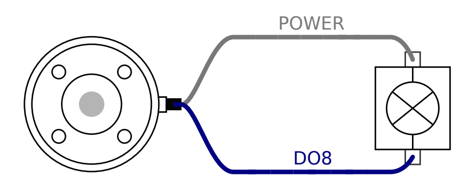


VORSICHT:

1. Die Digitalausgänge im Werkzeug sind nicht strombegrenzt und eine Überschreitung der vorgegebenen Daten kann zu dauerhaften Schäden führen.

4.4.1.1 Verwendung der Digitalausgänge des Werkzeugs

Das untenstehende Beispiel zeigt die Aktivierung eines Verbrauchers mit Hilfe der internen 12-V- oder 24-V-Stromversorgung. Bitte bedenken Sie, dass Sie die Ausgangsspannung auf der Registerkarte „E/A" festlegen müssen. Bitte beachten Sie, dass zwischen dem Anschluss POWER und dem Schirm/der Erdung Spannung anliegt, auch wenn der Verbraucher ausgeschaltet ist.



4.4.2 Digitaleingänge des Werkzeugs

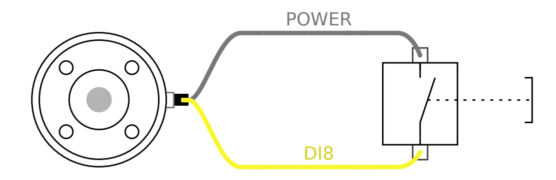
Die Digitaleingänge werden als PNP mit schwachen Pulldown-Widerständen umgesetzt. Das bedeutet, dass ein potentialfreier Eingang immer einen niedrigen Wert anzeigen wird. Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Eingangsspannung	-0,5	-	26	V
Logische Niederspannung	-	-	2,0	V
Logische Hochspannung	5,5	-	-	V
Eingangswiderstand	-	47k	-	Ω

Ein Beispiel, das die Verwendung eines Digitaleingangs veranschaulicht, finden Sie im folgenden Unterabschnitt.

4.4.2.1 Verwendung der Digitaleingänge des Werkzeugs

Das untenstehende Beispiel zeigt, wie eine einfache Taste angeschlossen wird.





4.4.3 Analogeingänge des Werkzeugs

Die Werkzeug-Analogeingänge sind nicht differenzierend und können auf der Registerkarte „E/A" auf Spannung oder Strom eingestellt werden; siehe Teil II. Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Eingangsspannung im Spannungsmodus	-0,5	-	26	V
Eingangsspannung im Strommodus	-0,5	-	5,0	V
Eingangsstrom im Strommodus	-2,5	-	25	mA
Eingangswiderstand im Bereich 0V bis 5V	-	29	-	kΩ
Eingangswiderstand im Bereich 0V bis 10V	-	15	-	kΩ
Eingangswiderstand im Bereich 4mA bis 20mA	-	200	-	Ω

In den folgenden Unterabschnitten finden Sie zwei Beispiele zur Verwendung von Sicherheits-E/As.

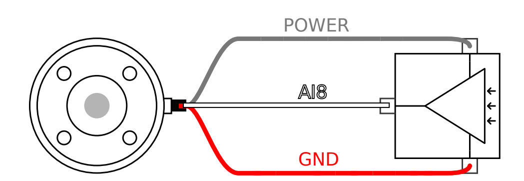


VORSICHT:

1. Analogeingänge sind im Strommodus nicht gegen Überspannung geschützt. Überschreitung des in den elektrischen Spezifikationen angegebenen Grenzwertes kann zu dauerhaften Schäden am Eingang führen.

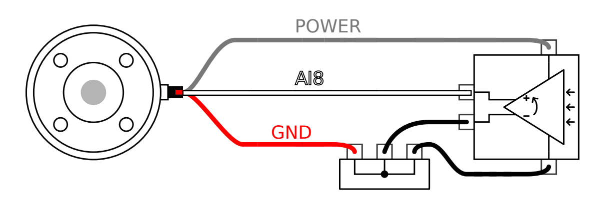
4.4.3.1 Verwendung der Analogeingänge des Werkzeugs, nicht differenzierend

Das folgende Beispiel veranschaulicht das Anschließen eines analogen Sensors an einen nicht differenzierenden Ausgang. Der Ausgang des Sensors kann entweder Strom oder Spannung sein, solange der Eingangsmodus dieses Analogeingangs auf der Registerkarte „E/A" entsprechend eingestellt ist. Bitte denken Sie daran, zu prüfen, ob der Sensor mit Spannungsausgang den internen Widerstand des Werkzeugs antreiben kann. Andernfalls kann die Messung ungültig sein.



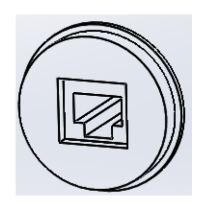
4.4.3.2 Verwendung der Analogeingänge des Werkzeugs, differenzierend

Das folgende Beispiel veranschaulicht das Anschließen eines analogen Sensors an einen differenzierenden Ausgang. Verbinden Sie den negativen Teil des Ausgangs mit der Erdung (0 V); die Funktionsweise gleicht der eines nicht differenzierenden Sensors.



4.5 Ethernet

An der Unterseite des Steuergeräts befindet sich ein Ethernet-Anschluss; siehe Abbildung unten.



Die Ethernet-Schnittstelle kann für folgende Zwecke verwendet werden:

- MODBUS E/A Erweiterungsmodule. Mehr dazu in Teil II.
- Fernzugriff und Fernsteuerung.

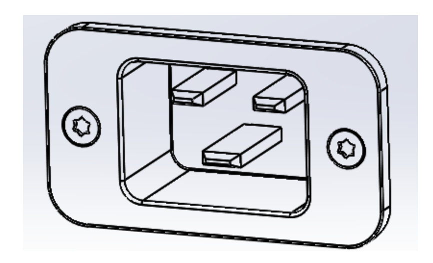
Die elektrischen Spezifikationen sind unten angegeben.

Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Kommunikationsgeschwindigkeit	10	-	100	Mb/s

4.6 Netzanschluss

Das Netzkabel vom Steuergerät verfügt am Ende über einen standardmäßigen IEC-Stecker. Verbinden Sie den IEC-Stecker mit einem länderspezifischen Netzstecker oder Netzkabel.

Um den Roboter zu aktivieren, muss das Steuergerät an das Stromnetz angeschlossen sein. Dies muss über die IEC C20 Steckdose an der Unterseite des Steuergeräts mit einem entsprechenden IEC C19 Kabel geschehen; siehe Abbildung unten.



Die Stromversorgung muss mindestens mit dem Folgenden ausgestattet sein:

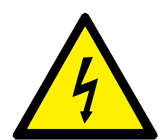
- Verbindung mit Masse.
- Hauptsicherung.
- Fehlerstromeinrichtung.

Es wird empfohlen, als einfaches Mittel zur Verriegelung und Abschaltung einen Hauptschalter zu installieren, mit dem alle Geräte in der Roboteranwendung ausgeschaltet werden können.

Die elektrischen Spezifikationen finden Sie in der untenstehenden Tabelle.



Parameter	Min	Typ	Max	Einheit
Eingangsspannung	100	-	240	VAC
Externe Netzsicherung (@ 100-200 V)	8	-	16	A
Externe Netzsicherung (@ 200-240 V)	8	-	16	A
Eingangsfrequenz	47	-	63	Hz
Stand-by-Leistung	-	-	0,5	W
Nennbetriebsleistung	90	150	325	W

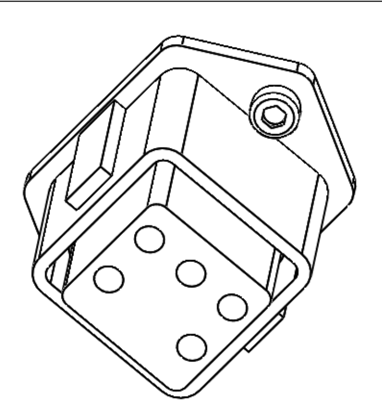


GEFAHR:

1. Stellen Sie sicher, dass der Roboter korrekt geerdet ist (elektrische Verbindung zur Masse). Verwenden Sie die nicht genutzten Schauben, die zu den Erdungssymbolen im Steuergerät gehören, um eine gemeinsame Erdung aller Geräte im System zu schaffen. Der Masseverbinder sollte mindestens denselben Nennstrom haben, wie der höchste Strom im System.
2. Stellen Sie sicher, dass der Eingangsstrom an das Steuergerät mit einem RCD (Fehlerstromschutzschalter) und einer ordnungsgemäßen Sicherung geschützt ist.
3. Verriegeln Sie alle Stromversorgungen für die abgeschlossene Roboterinformation während des Betriebs und schalten Sie sie ab. Andere Geräte dürfen den Roboter-E/A nicht mit Strom versorgen, wenn das System verriegelt ist.
4. Stellen Sie sicher, dass alle Kabel korrekt angeschlossen sind, bevor das Steuergerät mit Strom versorgt wird. Verwenden Sie immer ein originales und korrektes Stromkabel.

4.7 Roboteranschluss

Das Kabel des Roboters muss in den Anschluss an der Unterseite des Steuergeräts gesteckt werden; siehe Abbildung unten. Stellen Sie vor dem Einschalten des Roboterarms sicher, dass der Stecker ordnungsgemäß verriegelt ist. Die Roboterkabelverbindung darf nur getrennt werden, wenn die Stromzufuhr zum Roboter abgeschaltet ist.





VORSICHT:

1. Trennen Sie die Roboterkabelverbindung nicht, solange der Roboterarm eingeschaltet ist.
2. Das Originalkabel darf weder verlängert noch modifiziert werden.

5 Sicherheitsrelevante Funktionen und Schnittstellen

UR Roboter sind mit einer Reihe von eingebauten, sicherheitsrelevanten Funktionen sowie mit sicherheitsrelevanten elektrischen Schnittstellen ausgestattet, die dem Anschluss an andere Geräte und an zusätzliche Sicherheitsgeräte dienen. Jede Sicherheitsfunktion und Schnittstelle ist bei Leistungsniveau D (PLd) nach EN ISO13849-1 sicherheitsrelevant (siehe Kapitel 8 für Zertifizierungen):



HINWEIS:
Wenn der Roboter einen Fehler im Sicherheitssystem (z. B. ein durchtrenntes Kabel im Notabschaltungs-Stromkreis oder einen defekten Positionssensor) erkennt, wird ein Stopp der Kategorie 0 eingeleitet. Die Reaktionsspanne im Worst-Case-Szenario vom Auftreten eines Fehlers, dem Erkennen und Stoppen bis zum Ausschalten des Roboters beträgt 1250 ms.

Teil II der/des PolyScope-Handbuch beschreibt die Konfiguration der sicherheitsrelevanten Funktionen, Eingänge und Ausgänge. Siehe Kapitel 4 für Beschreibungen darüber, wie Sie Sicherheitsgeräte an die elektrische Schnittstelle anschließen.

5.1 Sicherheitsrelevante Funktionen

Der Roboter verfügt über eine Reihe von sicherheitsrelevanten Funktionen, die dazu verwendet werden können, die Bewegung der Gelenke und des Roboters zu begrenzen *Werkzeugmittelpunkt* (TCP). Der TCP ist der Mittelpunkt des Ausgangsflansches; TCP-Ausgleich (siehe Teil II, PolyScope-Handbuch).

Limitierungs-Sicherheitsfunktionen sind:

Limitierungs-Sicherheitsfunktionen	Beschreibung
Gelenkposition	Min. und max. Winkelposition des Gelenks
Gelenkgeschwindigkeit	Max. Winkelgeschwindigkeit des Gelenks
TCP-Position	Grenzebenen der TCP-Position des Roboters im kartes. Raum
TCP-Geschwindigkeit	Max. TCP- Geschwindigkeit des Roboters
TCP-Kraft	Max. TCP- Schiebekraft des Roboters
Schwung	Max. Schwung des Roboterarms
Leistung	Max. angewandte Roboterarmleistung

Die erweiterte Pfadsteuerungssoftware senkt die Geschwindigkeit oder veranlasst einen Programmausführungsstopp, wenn der Roboterarm sich einer sicherheitsrelevanten Grenze nähert. Überschreitungen der Grenzwerte treten daher nur in Ausnahmefällen aus. Sollte eine Sicherheitsgrenze überschritten werden, veranlasst das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0 mit folgender Wirkung:

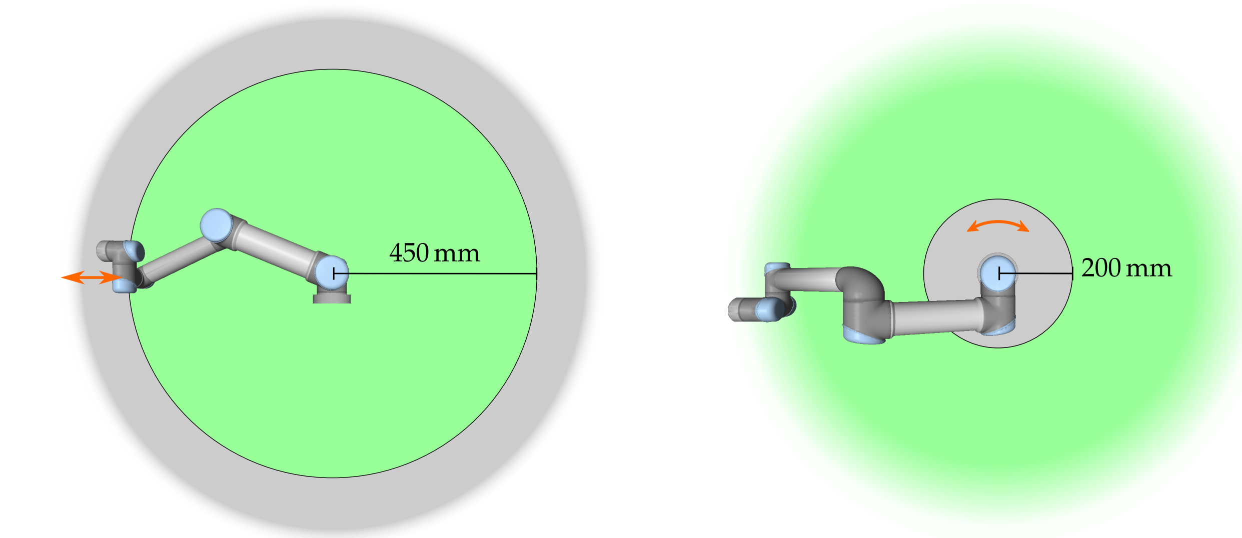


Abbildung 5.1: Bestimmte Teile des Arbeitsbereichs bergen aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Roboterarms erhöhte Quetschgefahr. Dazu gehört bei radialen Bewegungen das Handgelenk 1, wenn es mindestens 450 mm vom Fußflansch des Roboters entfernt ist. Der andere Teil befindet sich bei Tangentialbewegung innerhalb von 200 mm vom Fußflansch des Roboters.

	Worst-Case-Szenario			
Limitierungs-Sicherheitsfunktionen	Richtigkeit	Erkennungszeit	Abschaltzeit	Reaktionszeit
Gelenkposition	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
Gelenkgeschwindigkeit	1.15 °/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP-Position	20 mm	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP-Ausrichtung	1.15 °	100 ms	1000 ms	1100 ms
TCP-Geschwindigkeit	50 mm/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
TCP-Kraft	25 N	250 ms	1000 ms	1250 ms
Schwung	3 kg m/s	250 ms	1000 ms	1250 ms
Leistung	10 W	250 ms	1000 ms	1250 ms

Das System gilt als *deaktiviert*, sobald die 48 V Bus-Spannung ein elektrisches Potential von weniger als 7,3 V hat. Die Abschaltzeit ist die Dauer zwischen der Erfassung eines Ereignisses und dem Zeitpunkt, ab dem das System als deaktiviert gilt.





WARNUNG:
Bei der Kraftbegrenzungsfunktion gibt es zwei Ausnahmen, die beim Einrichten des Arbeitsbereichs des Roboters unbedingt zu beachten sind. Diese sind in Abbildung 5.1 dargestellt. Wenn sich der Roboter streckt, kann der Kniegelenk-Effekt bei niedrigen Geschwindigkeiten zu hohen Kräften in radialer Richtung (vom Fußflansch) führen. Auch wenn sich das Werkzeug in der Nähe des Fußflansches und tangential (um) den Fußflansch herum bewegt, können bei niedrigen Geschwindigkeiten hohe Kräfte wirken. Die Quetschgefahr kann beispielsweise dadurch verringert werden, indem Hindernisse in diesen Bereichen entfernt werden, der Roboter anders platziert wird oder eine Kombination von Sicherheitsebenen und Gelenkgrenzen festgelegt wird, die eine Bewegung des Roboters in diesem Teil seines Arbeitsbereichs verhindern.

5.2 Sicherheitsmodi

Normaler und reduzierter Modus Das Sicherheitssystem verfügt über zwei konfigurierbare Sicherheitsmodi: *Normal* und *Reduziert*. Für jeden dieser zwei Modi können Sicherheitsgrenzen konfiguriert werden. Der reduzierte Modus ist aktiv, wenn sich der TCP des Roboters in einer *Auslöser Reduzierter Modus* Ebene befindet oder durch einen konfigurierbaren Eingang ausgelöst wird.

Auf der Seite der *Auslöser Reduzierter Modus* Ebenen, auf denen die Grenzwerte des normalen Modus gelten, gibt es einen Bereich von 20 mm, in dem die Grenzwerte des reduzierten Modus gelten. Wenn der reduzierte Modus durch einen Sicherheitseingang ausgelöst wird, gelten beide Grenzwertsätze für 500 ms.

Wiederherstellungsmodus Wenn ein Sicherheitsgrenzwert überschritten wird, muss das Sicherheitssystem neu gestartet werden. Wenn sich das System beim Start jenseits einer Sicherheitsgrenze befindet (z. B. jenseits der Positionsgrenze eines Gelenks), wird der *Wiederherstellungsmodus* aktiviert. Im Wiederherstellungsmodus ist es nicht möglich, Programme für den Roboter auszuführen. Der Roboterarm kann jedoch mit dem *Freedrive*-Modus oder über den Tab „Bewegen" im PolyScope (siehe Teil II der PolyScope-Handbuch) von Hand wieder zurück in seinen zulässigen Arbeitsbereich bewegt werden. Die Sicherheitsgrenzwerte des *Wiederherstellungsmodus* sind:

Limitierungs-Sicherheitsfunktionen	Grenzwert
Gelenkgeschwindigkeit	30 °/s
TCP-Geschwindigkeit	250 mm/s
TCP-Kraft	100 N
Schwung	10 kg m/s
Leistung	80 W

Das Sicherheitssystem veranlasst einen Stopp der Kategorie 0, falls einer dieser Grenzwerte überschritten wird.



WARNUNG:
Beachten Sie, dass die Grenzwerte der *Gelenkposition*, der *TCP-Position* und der *TCP-Ausrichtung* im Wiederherstellungsmodus deaktiviert sind. Lassen Sie beim Zurückbewegen des Roboterarms in seinen zulässigen Arbeitsbereich äußerste Vorsicht walten.

5.3 Sicherheitsrelevante elektrische Schnittstellen

Der Roboter ist mit mehreren sicherheitsrelevanten elektrischen Ein- und Ausgängen ausgestattet. Alle sicherheitsrelevanten elektrischen Ein- und Ausgänge sind zweikanalig. Sie sind sicher, wenn sie niedrig sind. Das heißt, die Notabschaltung ist nicht aktiv, wenn das Signal hoch ist (+24 V).

5.3.1 Sicherheitsrelevante elektrische Eingänge

Die folgende Tabelle enthält einen Überblick über die sicherheitsrelevanten elektrischen Eingänge.

Sicherheitseingang	Beschreibung
Roboter-Notabschaltung	Führt einen Stopp der Kategorie 1 aus und informiert andere Maschinen über den Ausgang *System-Notabschaltung*.
Notabschaltungs-Taste	Führt einen Stopp der Kategorie 1 aus und informiert andere Maschinen über den Ausgang *System-Notabschaltung*.
System-Notabschaltung	Führt einen Stopp der Kategorie 1 aus.
Schutzstopp	Führt einen Stopp der Kategorie 2 aus.
Schutz-Reset-Eingang	Setzt den Roboterbetrieb aus dem *Schutzstopp*-Status fort, wenn eine Flanke im Schutz-Reset-Eingang auftritt.
Reduzierter Modus	Das Sicherheitssystem aktiviert die Grenzwerte des *Reduzierten* Modus.

Stopps der Kategorie 1 und 2 bremsen den Roboter unter aktiver Antriebskraft ab, wodurch der Roboter stoppt, ohne von seiner Bahn abzuweichen.

Überwachung der Sicherheitseingänge Stopps der Kategorie 1 und 2 werden durch das Sicherheitssystem wie folgt überwacht:

1. Das Sicherheitssystem stellt fest, dass der Bremsvorgang innerhalb von 24 ms auslöst, siehe Abbildung 5.2.
2. Wenn ein Gelenk in Bewegung ist, wird seine Geschwindigkeit überwacht, um sicherzustellen, dass sie niemals höher ist als die Geschwindigkeit, die durch das ständige Abbremsen von der maximalen Geschwindigkeitsgrenze des Gelenks des *Normalen* Modus auf 0 rad/s in 500 ms erhalten wird.
3. Wenn sich ein Gelenk in Ruhe befindet (Geschwindigkeit des Gelenks kleiner als 0,2 rad/s), wird es überwacht, um sicherzustellen, dass es sich nicht mehr

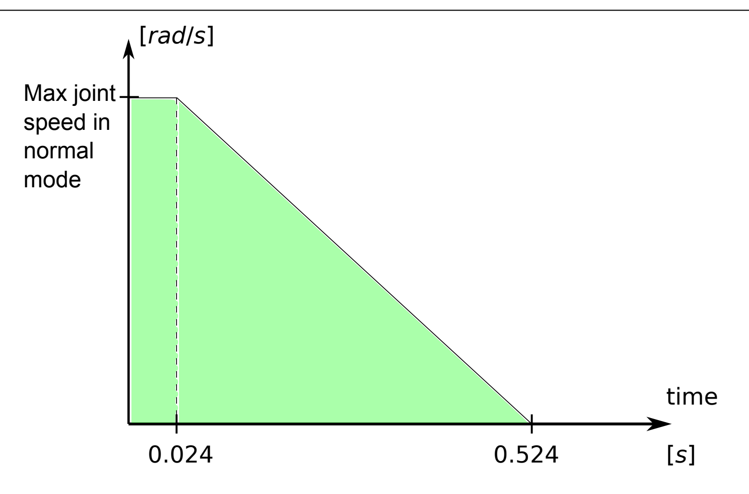


Abbildung 5.2: Der grüne Bereich unterhalb der Rampe markiert die zulässigen Geschwindigkeiten für ein Gelenk beim Bremsen. Zum Zeitpunkt 0 wird ein Ereignis (Notabschaltung oder Schutzstopp) am Sicherheitsprozessor erfasst. Der Abbremsvorgang beginnt nach 24 ms.

als 0,05 rad von der Position wegbewegt, an der eine Geschwindigkeit von weniger als 0,2 rad/s gemessen wurde.

Zusätzlich überwacht das Sicherheitssystem bei einem Stopp der Kategorie 1, dass der Abschaltvorgang innerhalb von600 ms durchgeführt wird, nachdem der Roboterarm die Ruhestellung eingenommen hat. Ebenso ist nach einer Schutzstoppauslösung die fortgesetzte Roboterarmbewegung nur möglich, nachdem eine Flanke im Schutz-Reset-Eingang ausgelöst wurde. Ist eine dieser Eigenschaften nicht erfüllt, veranlasst das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0.

Ein Übergang zum *Reduzierten* Modus, ausgelöst durch den Eingang des Reduzierten Modus, wird wie folgt überwacht:

1. Das Sicherheitssystem erlaubt die Festlegung beider Sätze von Sicherheitsgrenzwerten für den *Normalen* und den *Reduzierten Modus* für 500 ms, nachdem der Eingang des Reduzierten Modus ausgelöst wurde.
2. Nach 500 ms sind nur die Grenzwerte für den *Reduzierten* Modus wirksam.

Ist eine dieser Eigenschaften nicht erfüllt, veranlasst das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0.

Das Sicherheitssystem führt einen Stopp der Kategorie 0 mit Wirkung wie in der folgenden Tabelle beschrieben aus: Die Reaktionszeit im Worst Case (maximale Reaktionszeit) ist die Zeit, die benötigt wird, um den Roboter bei maximaler Nutzlast von der maximalen Betriebsgeschwindigkeit zu stoppen und *deaktiviert* zu machen (d. h. ihn auf ein elektrisches Potential von weniger als 7,3 V zu bringen).

	Worst-Case-Szenario		
Sicherheitseingangsfunktion	Erkennungszeit	Abschaltzeit	Reaktionszeit
Roboter-Notabschaltung	250 ms	1000 ms	1250 ms
Notabschaltungs-Taste	250 ms	1000 ms	1250 ms
System-Notabschaltung	250 ms	1000 ms	1250 ms
Schutzstopp	250 ms	1000 ms	1250 ms
Schutz-Reset-Eingang	250 ms	1000 ms	1250 ms
Reduzierter Modus	250 ms	1000 ms	1250 ms

5.3.2 Sicherheitsrelevante elektrische Ausgänge

Die folgende Tabelle enthält einen Überblick über die sicherheitsrelevanten elektrischen Ausgänge.

Sicherheitsausgang	Beschreibung
System-Notabschaltung	Von einem aktiven *Roboter-Notabschaltungs*-Eingang oder der Notabschaltungs-Taste aktiviert.
Roboter bewegt sich	Solange dieses Signal inaktiv ist, bewegt sich kein Gelenk des Roboterarms um mehr als 0,1 rad.
Roboter stoppt nicht	Inaktiv, wenn der Roboterarm aufgefordert wurde zu stoppen, jedoch noch nicht gestoppt hat.
Reduzierter Modus	Aktiv, wenn sich das Sicherheitssystem im *Reduzierten* Modus befindet.
Nicht Reduzierter Modus	Negierter *Reduzierter Modus*-Ausgang.

Falls ein Sicherheitsausgang nicht ordnungsgemäß eingestellt wurde, veranlasst das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0 mit folgenden Worst-Case-Reaktionszeiten:

Sicherheitsausgang	Worst Case-Reaktionszeit
System-Notabschaltung	1100 ms
Roboter bewegt sich	1100 ms
Roboter stoppt nicht	1100 ms
Reduzierter Modus	1100 ms
Nicht Reduzierter Modus	1100 ms

6 Wartung und Reparatur

Es ist sowohl für Wartungs- als auch für Reparaturarbeiten essenziell, dass diese unter Einhaltung aller Sicherheitsanweisungen in diesem Handbuch durchgeführt werden.

Wartungs-, Kalibrierungs- und Reparaturarbeiten müssen gemäß den aktuellsten Versionen der Wartungshandbücher auf der Support-Webseite `http://support.universal-robots.com` durchgeführt werden. Alle UR-Vertriebshändler haben Zugriff auf diese Support-Seite.

Reparaturen dürfen nur von autorisierten Systemintegratoren oder von Universal Robots durchgeführt werden.

Alle an Universal Robots zurückgesandten Teile sind gemäß Wartungshandbuch zurückzusenden.

6.1 Sicherheitsanweisungen

Nach Wartungs- und Reparaturarbeiten müssen Prüfungen durchgeführt werden, um die erforderliche Sicherheitsebene zu gewährleisten. Die gültigen nationalen oder regionalen Arbeitssicherheitsbestimmungen sind für diese Prüfung zu beachten. Die korrekte Funktionsweise aller Sicherheitsfunktionen ist ebenfalls zu prüfen.

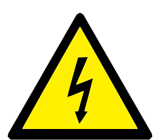
Der Zweck von Wartungs- und Reparaturarbeiten ist es, sicherzustellen, dass das System betriebsfähig bleibt oder, im Falle einer Störung, das System erneut in einen betriebsfähigen Zustand zu versetzen. Reparaturarbeiten umfassen die Fehlerbehebung und die eigentliche Reparatur selbst.

Die folgenden Sicherheitsmaßnahmen und Warnungen müssen durchgeführt bzw. eingehalten werden, wenn Arbeiten am Roboterarm oder dem Steuergerät vorgenommen werden.



GEFAHR:

1. Nehmen Sie keine Änderungen an der Sicherheitskonfiguration der Software vor (z. B. die Kraftgrenze). Die Sicherheitskonfiguration wird im PolyScope-Handbuch beschrieben. Werden Sicherheitsparameter verändert, sollte das komplette Robotersystem neu bedacht werden, d. h. der ganze Sicherheitsgenehmigungsprozess, einschließlich Risikobewertung, sollte entsprechend aktualisiert werden.
2. Tauschen Sie defekte Komponenten mit neuen Komponenten mit denselben Artikelnummern oder gleichwertigen Komponenten aus, die zu diesem Zweck von Universal Robots genehmigt wurden.
3. Reaktivieren Sie alle deaktivierten Sicherheitsmaßnahmen unverzüglich nach Abschluss der Arbeit.
4. Dokumentieren Sie alle Reparaturen und speichern Sie diese Dokumentation in der technischen Datei für das komplette Robotersystem.



GEFAHR:

1. Trennen Sie das Netzeingangskabel von der Unterseite des Steuergeräts, um sicherzustellen, dass es vollständig ausgeschaltet ist. Schalten Sie jede andere Energiequelle ab, die an den Roboterarm oder das Steuergerät angeschlossen ist. Ergreifen Sie die nötigen Vorkehrungen, um zu vermeiden, dass andere Personen das System während der Reparaturphase einschalten.
2. Prüfen Sie den Erdungsanschluss bevor Sie das System wieder einschalten.
3. Beachten Sie ESD-Vorschriften, wenn Teile des Roboterarms oder des Steuergeräts demontiert werden.
4. Vermeiden Sie die Demontage von Stromversorgungen im Steuergerät. In diesen Stromversorgungen können hohe Spannungen (bis zu 600 V) noch mehrere Stunden nach dem Ausschalten des Steuergeräts vorliegen.
5. Vermeiden Sie das Eindringen von Wasser oder Staub in den Roboterarm oder das Steuergerät.

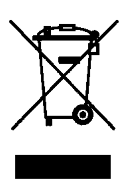
7 Entsorgung und Umwelt

Roboter von UR müssen im Einklang mit den geltenden nationalen Gesetzen, Regulierungen und Standards entsorgt werden.

Roboter von UR werden zum Schutze der Umwelt unter beschränkter Verwendung gefährlicher Stoffe hergestellt, wie in der europäischen RoHS-Richtlinie 2011/65/EU definiert. Zu diesen Stoffen zählen Quecksilber, Cadmium, Blei, Chrom VI, polybromierte Biphenyle und polybromierte Diphenylether.

Gebühren für die Entsorgung von und den Umgang mit Elektroabfall aus UR Robotern, die auf dem dänischen Markt verkauft werden, werden von Universal Robots A/S vorab an das DPA-System entrichtet. Importeure in Ländern, die durch die europäische WEEE-Richtlinie 2012/19/EU abgedeckt sind, müssen ihre eigene Registrierung beim nationalen WEEE-Register ihres Landes machen. Die Gebühr beträgt in der Regel weniger als 1 €/Roboter. Eine Liste der nationalen Register finden Sie hier: `https://www.ewrn.org/national-registers`.

Die folgenden Symbole sind am Roboter angebracht, um die Konformität mit den obenstehenden Rechtsvorschriften anzuzeigen:







8 Zertifizierungen

Dieses Kapitel enthält eine Sammlung verschiedener Zertifizierungen und Erklärungen, die für das Produkt vorbereitet wurden.

8.1 Zertifizierungen von Drittparteien

Zertifizierungen von Drittparteien sind freiwillig. Um jedoch Roboterintegratoren den besten Service zu bieten, hat UR sich entschieden, seine Roboter durch die folgenden, anerkannten Prüfinstitute zertifizieren zu lassen.



DELTA Roboter von UR sind von DELTA auf Sicherheit und Leistung getestet. Ein Zertifikat über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) befindet sich im Anhang B. Ein Umweltprüfzertifikat befindet sich im Anhang B.

8.2 Erklärungen im Einklang mit EU-Richtlinien

EU-Erklärungen sind primär für europäische Länder relevant. Sie werden jedoch auch von manchen Ländern außerhalb Europas anerkannt oder sogar gefordert. Europäische Richtlinien sind verfügbar von der offiziellen Homepage: `http://eur-lex.europa.eu`.

Roboter von UR sind im Einklang mit den nachstehend aufgelisteten Richtlinien zertifiziert.

2006/42/EG — Maschinenrichtlinie

Roboter von UR sind gemäß der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG unvollständige Maschinen. Beachten Sie, dass gemäß dieser Richtlinie keine CE-Kennzeichnung an unvollständigen Maschinen angebracht ist. Wenn der UR Roboter in einer Pestizidanwendung eingesetzt wird, beachten Sie die bestehende Richtlinie 2009/127/EG. Die Einbauerklärung gemäß 2006/42/EG Anhang II 1.B. ist in Anhang B angegeben.

2006/95/EC — Niederspannungsrichtlinie

2004/108/EC — Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

2011/65/EU — Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS 2)

2012/19/EU — Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall (WEEE)

Erklärungen über die Konformität mit den vorstehenden Richtlinien sind in der Einbauerklärung in Anhang B inbegriffen.

Eine CE-Kennzeichnung ist gemäß den CE-Kennzeichnungsrichtlinien oben angebracht. Für Elektro- und Elektronikgeräte-Abfall, siehe Kapitel 7.

Informationen zu den bei der Entwicklung des Roboters angewandten Standards finden Sie im Anhang C.

9 Gewährleistung

9.1 Produktgewährleistung

Unbeschadet jeglicher Ansprüche, die der Benutzer (Kunde) gegenüber dem Vertriebshändler oder Einzelhändler geltend machen kann, wird dem Kunden eine Herstellergewährleistung entsprechend den unten stehenden Bedingungen gewährt:

Wenn neue Geräte und deren Komponenten innerhalb von 12 Monaten (maximal 15 Monate ab Versand) nach Inbetriebnahme Mängel aufgrund von Herstellungs- und/oder Materialfehlern aufweisen, stellt Universal Robots die erforderlichen Ersatzteile bereit, während der Benutzer (Kunde) Arbeitsstunden für den Austausch der Ersatzteile bereitstellt, wobei Universal Robots das Bauteil entweder durch ein anderes Bauteil austauscht, das dem aktuellen Stand der Technik entspricht, oder repariert. Diese Gewährleistung verliert ihre Gültigkeit, wenn der Gerätedefekt auf eine unsachgemäße Behandlung und/oder die fehlende Einhaltung der Informationen in den Benutzerhandbüchern zurückzuführen ist. Diese Gewährleistung gilt nicht für und erstreckt sich nicht auf Leistungen, die durch den befugten Vertriebshändler oder den Kunden selbst durchgeführt werden (z. B. Aufbau, Konfiguration, Herunterladen von Software). Der Kaufbeleg, aus dem das Kaufdatum hervorgeht, ist als Nachweis für die Gewährleistung erforderlich. Ansprüche im Rahmen der Gewährleistung sind innerhalb von zwei Monaten einzureichen, nachdem der Gewährleistungsmangel aufgetreten ist. Das Eigentumsrecht an Geräten oder Komponenten, die durch Universal Robots ausgetauscht und an Universal Robots zurückgeschickt wurden, geht auf Universal Robots über. Diese Gewährleistung deckt jegliche anderen Ansprüche nicht ab, die durch das oder im Zusammenhang mit dem Gerät entstehen. Nichts in dieser Gewährleistung soll dazu führen, die gesetzlich festgeschriebenen Rechte des Kunden und die Herstellerhaftung für Tod oder Personenschaden durch die Verletzung der Sorgfaltspflicht zu begrenzen oder auszuschließen. Der Gewährleistungszeitraum wird nicht durch Leistungen verlängert, die gemäß den Bestimmungen der Gewährleistung erbracht werden. Sofern kein Gewährleistungsmangel besteht, behält sich Universal Robots das Recht vor, dem Kunden die Austausch- und Reparaturarbeiten in Rechnung zu stellen. Die oben stehenden Bestimmungen implizieren keine Änderungen hinsichtlich der Nachweispflicht zu Lasten des Kunden. Für den Fall, dass ein Gerät Mängel aufweist, haftet Universal Robots nicht für indirekte, zufällige, besondere oder Folgeschäden einschließlich - aber nicht beschränkt auf - Einkommensverluste, Nutzungsausfälle, Produktionsausfälle oder Beschädigungen an anderen Produktionsmaschinen.

Wenn ein Gerät Mängel aufweist, kommt Universal Robots nicht für Folgeschäden oder Verluste auf, wie zum Beispiel Produktionsausfall oder Beschädigungen an anderen Produktionsgeräten.

9.2 Haftungsausschluss

Universal Robots arbeitet weiter an der Verbesserung der Zuverlässigkeit und dem Leistungsvermögen seiner Produkte und behält sich daher das Recht vor, das Produkt ohne vorherige Ankündigung zu aktualisieren. Universal Robots unternimmt alle Anstrengungen, dass der Inhalt dieser Anleitung genau und korrekt ist, übernimmt jedoch keine Verantwortung für jedwede Fehler oder fehlende Informationen.

A Stoppzeit und Stoppentfernung

Informationen über die Stoppzeiten und -entfernungen liegen für Stopps der KATEGORIE 0 und KATEGORIE 1 vor. Dieser Anhang enthält Informationen über Stopps der KATEGORIE 0. Informationen über Stopps der KATEGORIE 1 finden Sie unter `http://support.universal-robots.com/`.

A.1 KATEGORIE 0 Stoppentfernungen und -zeiten

Die folgende Tabelle enthält die geltenden Stoppentfernungen und -zeiten, wenn ein Stopp der KATEGORIE 0 ausgelöst wird. Diese Messungen entsprechen der folgenden Konfiguration des Roboters:

- Streckung: 100% (der Roboterarm ist horizontal voll ausgestreckt).
- Geschwindigkeit: 100% (die allgemeine Geschwindigkeit des Roboters ist auf 100% festgelegt und die Gelenke bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von 183 °/s).
- Nutzlast: maximale am TCP befestigte Nutzlast, die vom Roboter bewegt wird (3 kg).

Der Test an Gelenk 0 wurde bei einer Horizontalbewegung durchgeführt, d. h. die Drehachse stand senkrecht zum Boden. Während der Tests der Gelenke 1 und 2 bewegte sich der Roboter auf einer vertikalen Bahn; d. h. die Drehachsen waren parallel zum Boden angeordnet. Der Stopp wurde durchgeführt, während der Roboter sich abwärts bewegte.

	Stoppentfernung (rad)	Stoppzeit (ms)
Gelenk 0 (FUSSFLANSCH)	0.18	159
Gelenk 1 (SCHULTER)	0.20	154
Gelenk 2 (ELLBOGEN)	0.15	92

B Erklärungen und Zertifikate

B.1 CE Declaration of Incorporation (original)

According to European directive 2006/42/EC annex II 1.B.

The manufacturer Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark
+45 8993 8989

hereby declares that the product described below

Industrial robot UR3
Robot serial number ____________________
Control box serial number ____________________

may not be put into service before the machinery in which it will be incorporated is declared to comply with the provisions of Directive 2006/42/EC, as amended by Directive 2009/127/EC, and with the regulations transposing it into national law.

The safety features of the product are prepared for compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC under the correct incorporation conditions, see product manual. Compliance with all essential requirements of Directive 2006/42/EC relies on the specific robot installation and the final risk assessment.

Relevant technical documentation is compiled according to Directive 2006/42/EC annex VII part B.

Additionally the product declares in conformity with the following directives, according to which the product is CE marked:

2006/95/EC — Low Voltage Directive (LVD)
2004/108/EC — Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)
2011/65/EU — Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS)

A complete list of applied harmonized standards, including associated specifications, is provided in the product manual. This list is valid for the product manual with the same serial numbers as this document and the product.

Odense, January 27th, 2015

R&D

Lasse Kieffer
Global Compliance Officer

B.2 CE-Einbauerklärung (Übersetzung des Originals)

Im Einklang mit der europäischen Richtlinie 2006/42/EG Anhang II 1.B.

Der Hersteller Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Dänemark
+45 8993 8989

erklärt hiermit, dass das nachstehend beschriebene Produkt

Industrieroboter UR3
Roboter-Seriennummer ____________________
Steuergerät-Seriennummer ____________________

nicht in Betrieb genommen werden darf, bevor für die Maschine, in die es eingebaut wird, erklärt wird, dass diese mit den Bestimmungen der Richtlinie 2006/42/EG, in der durch die Richtlinie 2009/127/EG geänderten Fassung, sowie mit den Bestimmungen zur Umsetzung in nationales Recht übereinstimmt.

Die Sicherheitsmerkmale des Produkts sind für die Einhaltung aller wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG unter den korrekten Einbaubedingungen vorbereitet. Siehe Produkthandbuch. Die Einhaltung aller wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 2006/42/EG beruht auf der spezifischen Roboterinstallation und der abschließenden Risikobewertung.

Relevante technische Dokumentation ist im Einklang mit der Richtlinie 2006/42/EG Anhang VII Teil B zusammengetragen.

Zusätzlich wird für das Produkt die Konformität mit den folgenden Richtlinien erklärt, gemäß denen das Produkt CE-gekennzeichnet ist:

2006/95/EG — Niederspannungsrichtlinie
2004/108/EG — Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
2011/65/EU — Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS 2)

Eine vollständige Liste angewandter harmonisierter Normen, einschließlich zugehöriger Spezifikationen, befindet sich im Produkthandbuch. Diese Liste ist gültig für das Produkthandbuch mit denselben Seriennummern wie dieses Dokument und das Produkt.

Odense, 27. Januar 2014

R&D

Lasse Kieffer
Elektroingenieur

B.3 Umweltverträglichkeitszertifikat

DELTA

Climatic and mechanical assessment sheet no. 1375

DELTA client	DELTA project no.
Universal Robots A/S Energivej 25 5260 Odense S Denmark	T209612 and T209963

Product identification

Robot system UR3, consisting of:
UR3 Robot Arm
CB 3.1 Control Box
TP 3.1 Teach Pendant

DELTA report(s)

DELTA project no. T209612, DANAK-19/14749
DELTA project no. T209963, DANAK-19/14964

Other document(s)

Conclusion

The Robot system UR3 including its Robot Arm, Control Box and Teach Pendant has been tested according to the below listed standards. The test results are given in the DELTA report listed above. The tests were carried out as specified and the test criteria for environmental tests, as specified in the annexes of the test reports mentioned above, were fulfilled.

IEC 60068-2-1:2007, Test Ae: -5 °C, 16 h
IEC 60068-2-2:2007, Test Be: +50 °C, 16 h
IEC 60068-2-27:2008, Test Ea: 160 g, 1 ms, 3 x 6 shocks
IEC 60068-2-64:2008, Test Fh: 5 – 10 Hz: 0.0025 $(m/s^2)^2$/Hz, 10 – 50 Hz: 0.04 $(m/s^2)^2$/Hz, 100 Hz: 0.0025 $(m/s^2)^2$/Hz, 1.5 m/s^2 (0.15 grms), 3 x 30 min.

Date	Assessor
Hørsholm, 06 February 2015	Susanne Otto B.Sc.E.E., B.Com (Org)

DELTA - Venlighedsvej 4 - 2970 Hørsholm - Denmark - Tel. +45 72 19 40 00 - Fax +45 72 19 40 01 - www.delta.dk

20ass-sheet-j

B.4 EMV-Prüfung



Attestation of Conformity

EMC assessment - Certificate no. 1351

From 29 June 2007 DELTA has been designated as Notified Body by the notified authority National Telecom Agency in Denmark to carry out tasks referred to in Annex III of the European Council EMC Directive 2004/108/EC. The attestation of conformity is in accordance with Article 5 and refers to the essential requirements set out in Annex I.

.

DELTA client
Universal Robots A/S
Energivej 25
5260 Odense S
Denmark

Product identification
UR robot generation 3, G3, including CB3/AE for models UR3, UR5 and UR10

Manufacturer
Universal Robots A/S

Technical report(s)
DELTA Project T207371, EMC Test of UR5 and UR10 - DANAK-19/13884, dated 26 March 2014
DELTA Project T209172, EMC Test of UR3 - DANAK-19/14667, dated 05 November 2014
UR EMC Test Specification G3 rev 3, dated 30 October 2014
EMC Assessment Sheet 1351dpa

Standards/Normative documents
EMC Directive 2004/108/EC, Article 5
EN/(IEC) 61326-3-1:2008, Industrial locations, SIL 2 applications
EN/(IEC) 61000-6-2:2005
EN/(IEC) 61000-6-4:2007+A1

The product identified above has been assessed and complies with the specified standards/normative documents. The attestation does not include any market surveillance. It is the responsibility of the manufacturer that mass-produced apparatus have the same EMC quality. The attestation does not contain any statements pertaining to the EMC protection requirements pursuant to other laws and/or directives other than the above mentioned if any.

DELTA
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Denmark

Tel. +45 72 19 40 00
Fax +45 72 19 40 01
www.delta.dk
VAT No. 12275110

Hørsholm, 20 November 2014

Jakob Steensen
Principal Consultant

20aocass-uk-j

C Angewandte Normen

Dieser Abschnitt beschreibt die bei der Entwicklung des Roboterarms und des Steuergeräts angewandten Normen. Eine in Klammern stehende EU-Richtlinien-Nummer bedeutet, dass der Standard mit dieser Richtlinie zusammenwirkt.

Ein Standard ist kein Gesetz. Ein Standard ist ein von bestimmten Mitgliedern einer Branche verfasstes Dokument, das Definitionen normaler Sicherheits- und Leistungsanforderungen für ein Produkt oder eine Produktgruppe enthält.

Standardtyp-Abkürzungen haben folgende Bedeutungen:

ISO	International Standardization Organization
IEC	International Electrotechnical Commission
EN	European Norm
TS	Technical Specification
TR	Technical Report
ANSI	American National Standards Institute
RIA	Robotic Industries Association
CSA	Canadian Standards Association

Die Konformität mit den folgenden Standards ist nur dann gewährleistet, wenn die Montageanweisungen, die Sicherheitsanweisungen und andere Anleitungen in diesem Handbuch befolgt werden.

ISO 13849-1:2006 [PLd]
ISO 13849-2:2012
EN ISO 13849-1:2008 (E) [PLd – 2006/42/EG]
EN ISO 13849-2:2012 (E) (2006/42/EG)

Safety of machinery – Safety-related parts of control systems

Part 1: General principles for design

Part 2: Validation

Die Sicherheitssteuerung ist entsprechend den Anforderungen der Standards als Leistungsniveau D (PLd) ausgelegt.

ISO 13850:2006 [Stopp-Kategorie 1]
EN ISO 13850:2008 (E) [Stopp-Kategorie 1 – 2006/42/EG]

Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design

Die Notabschaltungsfunktion ist nach diesem Standard als Halt Kategorie 1 ausgelegt. Stopp-Kategorie 1 beschreibt einen kontrollierten Stopp, bei dem die Motoren mit Strom gestoppt werden und die Stromversorgung getrennt wird, nachdem der Stopp erzielt wurde.

ISO 12100:2010
EN ISO 12100:2010 (E) [2006/42/EG]

Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction

UR Roboter werden nach den Prinzipien dieses Standards bewertet.

ISO 10218-1:2011
EN ISO 10218-1:2011(E) [2006/42/EG]

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots

Part 1: Robots

Dieser Standard ist für den Roboterhersteller und nicht den Integrator gedacht. Der zweite Teil (ISO 10218-2) ist für den Roboter-Integrator bestimmt, da er sich mit der Installation und dem Design der Roboter-Anwendung befasst.

Die Verfasser des Standards beziehen sich auf herkömmliche Industrieroboter, bei denen der Mensch normalerweise durch Zäune und Lichtgitter geschützt wird. UR Roboter verfügen über ständig aktive Kraft- und Leistungsbegrenzungen. Daher werden im Folgenden einige Begriffe geklärt und erläutert.

Falls ein UR Roboter für eine gefährliche Anwendung verwendet wird, sind unter Umständen zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich; siehe Kapitel 1.

Klarstellung:

- „3.24.3 Gesicherter Bereich" ist durch die Sicherung des Bereichs definiert. Typischerweise befindet sich der gesicherte Bereich hinter einem Zaun, der Menschen vor gefährlichen, herkömmlichen Robotern schützt. UR Roboter werden dahingehend entwickelt, dank ihrer Leistungs- und Kraft-begrenzenden Sicherheitsfunktionen, ohne Zaun verwendet zu werden, wenn es keinen, durch einen Zaun abgetrennten, gesicherten Gefahrenbereich gibt.
- „5.4.2 Leistungsanforderung". Alle Sicherheitsfunktionen sind nach ISO 13849-1:2006 als PLd ausgelegt. Der Roboter verfügt in jedem Gelenk über redundante Encoder-Systeme und die sicherheitsrelevanten E/As sind mit einer Struktur der Kategorie 3 ausgelegt. Die sicherheitsrelevanten E/As müssen gemäß dieser Anleitung an Anlagen der Kategorie 3 angeschlossen werden, um eine PLd-Struktur der gesamten Sicherheitsfunktion zu bilden.
- „5.7 Betriebsmodi". UR Roboter haben keine unterschiedlichen Betriebsmodi und haben daher auch keinen Betriebsmodus-Auswahlschalter.
- „5.8 Pendant-Steuerung". Dieser Abschnitt definiert Schutzfunktionen des Teach Pendant für die Verwendung in einem gesicherten Gefahrenbereich. Da UR Roboter Leistungs- und Kraft-begrenzt sind, gibt es keinen gesicherten Gefahrenbereich wie bei herkömmlichen Robotern. Die Teach-Funktion ist bei UR Robotern sicherer als bei herkömmlichen Robotern. Anstatt ein Drei-Richtungen-Aktivierungsgerät betätigen zu müssen, kann der Bediener den Roboter ganz einfach mit der Hand stoppen.
- „5.10 Anforderungen für den gemeinschaftlichen Betrieb". Die Leistungs- und Kraft-Begrenzungsfunktion der UR Roboter ist immer aktiv. Das visuelle Design der UR Roboter unterstreicht Ihre Fähigkeit zum gemeinschaftlichen Betrieb. Die Leistungs- und Kraft-Begrenzungsfunktion wurde gemäß der Klausel 5.10.5 konzipiert.
- „5.12.3 Sicherheitsbewertete weiche Achsen und Raumbegrenzung". Diese Sicherheitsfunktion ist

eine von mehreren, die über die Software konfigurierbar sind. Ein Hash-Code wird aus den Einstellungen all dieser Sicherheitsfunktionen erzeugt und als Sicherheitsprüfungskennung in der grafischen Benutzeroberfläche dargestellt.

ISO/DTS 15066 (Entwurf)

Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots – Collaborative operation

Dies ist eine Technische Spezifikation (TS), die momentan verfasst wird. Eine TS ist kein Standard. Der Zweck einer TS ist es, neue Anforderungen vorzustellen, um Ihre Anwendbarkeit auf eine Branche zu prüfen.

Diese TS enthält Technologien und kraftbezogene Grenzwerte für kooperative Roboter, die mit dem Menschen zusammen arbeiten.

Universal Robots ist ein aktives Mitglied des internationalen Komitees, das diese TS (ISO/TC 184/SC 2) entwickelt. Eine endgültige Version wird voraussichtlich im Jahr 2015 veröffentlicht.

ANSI/RIA R15.06-2012

Industrial Robots and Robot Systems – Safety Requirements

Dieser amerikanische Standard umfasst die ISO-Normen ISO 10218-1 (siehe oben) und ISO 10218-2 in einem Dokument. Das britische Englisch des Originals wurde in amerikanisches Englisch umgeändert, der Inhalt ist jedoch gleich.

Beachten Sie, dass der zweite Teil (ISO 10218-2) dieser Norm auf den Integrator des Robotersystems und daher nicht auf Universal Robots zutrifft.

CAN/CSA-Z434-14 (Entwurf / in Bearbeitung)

Industrial Robots and Robot Systems – General Safety Requirements

Dieser kanadische Standard umfasst die ISO-Normen ISO 10218-1 (siehe oben) und -2 in einem Dokument. Es wird erwartet, dass ihm zusätzliche Anforderungen für den Benutzer des Robotersystems hinzugefügt werden. Einige dieser Anforderungen müssen möglicherweise vom Roboter-Integrator beachtet werden.

Eine endgültige Version wird voraussichtlich im Jahr 2014 veröffentlicht.

Beachten Sie, dass der zweite Teil (ISO 10218-2) dieser Norm auf den Integrator des Robotersystems und daher nicht auf Universal Robots zutrifft.

IEC 61000-6-2:2005
IEC 61000-6-4/A1:2010
EN 61000-6-2:2005 [2004/108/EG]
EN 61000-6-4/A1:2011 [2004/108/EG]

Electromagnetic compatibility (EMC)

Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments

Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments

Diese Standards definieren Anforderungen in Bezug auf elektrische und elektromagnetische Störungen. Die Konformität mit diesen Standards gewährleistet, dass die UR Roboter in Industrieumgebungen gut funktionieren und dass sie keine anderen Geräte stören.

IEC 61326-3-1:2008
EN 61326-3-1:2008

Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements

Part 3-1: Immunity requirements for safety-related systems and for equipment intended to perform safety-related functions (functional safety) - General industrial applications

Dieser Standard definiert erweiterte EMV-Störfestigkeitsanforderungen für sicherheitsbezogene Funktionen. Die Konformität mit dieser Norm gewährleistet, dass die Sicherheitsfunktionen der UR-Roboter auch dann für Sicherheit sorgen, wenn andere Geräte die in den IEC 61000 Normen definierten EMV-Grenzwerte überschreiten.

IEC 61131-2:2007 (E)
EN 61131-2:2007 [2004/108/EG]

Programmable controllers

Part 2: Equipment requirements and tests

Sowohl normale als auch sicherheitsbewertete 24 V E/As werden laut den Anforderungen dieser Norm konstruiert, um eine sichere Kommunikation mit anderen SPS-Systemen zu gewährleisten.

ISO 14118:2000 (E)
EN 1037/A1:2008 [2006/42/EG]

Safety of machinery – Prevention of unexpected start-up

Diese beiden Standards sind sich sehr ähnlich. Sie definieren Sicherheitsprinzipien zur Vermeidung eines unerwarteten Anlaufs als Folge einer unbeabsichtigten Wiederherstellung der Stromversorgung während der Wartung oder Reparatur oder aufgrund von unbeabsichtigten Anlaufbefehlen von Seiten der Steuerung.

IEC 60947-5-5/A1:2005
EN 60947-5-5/A11:2013 [2006/42/EG]

Low-voltage switchgear and controlgear

Part 5-5: Control circuit devices and switching elements - Electrical emergency stop device with mechanical latching function

Die direkte Öffnung und der Sicherheitsverriegelungsmechanismus der Notabschaltungstaste entsprechen den Anforderungen dieses Standards.

IEC 60529:2013
EN 60529/A2:2013

Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

Diese Norm legt Schutzarten hinsichtlich des Schutzes gegen Staub und Wasser fest. UR Roboter werden

laut dieser Norm entwickelt und erhalten einen IP-Code (siehe Aufkleber auf dem Roboter).

IEC 60320-1/A1:2007
EN 60320-1/A1:2007 [2006/95/EG]

Appliance couplers for household and similar general purposes

Part 1: General requirements

Das Netzkabel erfüllt diese Norm.

ISO 9409-1:2004 [Typ 50-4-M6]

Manipulating industrial robots – Mechanical interfaces

Part 1: Plates

Die Werkzeugflansche der UR Roboter entsprechen Typ 50-4-M6 dieses Standards. Roboterwerkzeuge sollten auch laut diesem Standard konstruiert sein, um eine ordnungsgemäße Passform zu gewährleisten.

ISO 13732-1:2006
EN ISO 13732-1:2008 [2006/42/EG]

Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces

Part 1: Hot surfaces

Die UR Roboter sind so ausgelegt, dass ihre Oberflächentemperaturen stets unter dem in diesem Standard definierten, ergonomischen Grenzwert bleiben.

IEC 61140/A1:2004
EN 61140/A1:2006 [2006/95/EG]

Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment

UR Roboter werden in Übereinstimmung mit diesem Standard konstruiert, um Menschen vor Stromschlägen zu schützen. Ein Erdungs-/Masseanschluss ist nach Hardware-Installationshandbuch zwingend erforderlich.

IEC 60068-2-1:2007
IEC 60068-2-2:2007
IEC 60068-2-27:2008
IEC 60068-2-64:2008
EN 60068-2-1:2007
EN 60068-2-2:2007
EN 60068-2-27:2009
EN 60068-2-64:2008

Environmental testing

Part 2-1: Tests - Test A: Cold

Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat

Part 2-27: Tests - Test Ea and guidance: Shock

Part 2-64: Tests - Test Fh: Vibration, broadband random and guidance

UR Roboter werden nach den in diesen Normen definierten Testmethoden geprüft.

IEC 61784-3:2010
EN 61784-3:2010 [SIL 2]

Industrial communication networks – Profiles

Part 3: Functional safety fieldbuses – General rules and profile definitions

Diese Standards legen Anforderungen an sicherheitsbewertete Kommunikationsbusse fest.

IEC 60204-1/A1:2008
EN 60204-1/A1:2009 [2006/42/EG]

Safety of machinery – Electrical equipment of machines

Part 1: General requirements

Die allgemeinen Grundsätze dieser Norm sind erfüllt.

IEC 60664-1:2007
IEC 60664-5:2007
EN 60664-1:2007 [2006/95/EG]
EN 60664-5:2007 [2006/95/EG]

Insulation coordination for equipment within low-voltage systems

Part 1: Principles, requirements and tests

Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm

Die elektrischen Schaltkreise der UR Roboter erfüllen diese Norm.

EUROMAP 67:2013, V1.9

Electrical Interface between Injection Molding Machine and Handling Device / Robot

UR Roboter, die mit dem E67 Zusatzmodul zur Verwendung mit Spritzgießmaschinen ausgestattet sind, entsprechen dieser Norm.

D Technische Spezifikationen

Robotertyp	UR3
Gewicht	9.4 kg / 20.7 lb
Nutzlast	3 kg / 6.6 lb
Reichweite	500 mm / 19.7 in
Gelenkreichweite	Unbegrenzt für Handgelenk 3, ± 360 ° für alle anderen Gelenke
Geschwindigkeit	Fuß-, Schulter- und Ellbogengelenke: Max 180 °/s. Handgelenke 1, 2, 3 Max 360 °/s. Werkzeug: Ca. 1 m/s / Ca. 39.4 in/s.
Wiederholgenauigkeit	± 0.1 mm / ± 0.0039 in (4 mils)
Grundfläche	Ø128 mm / 5.0 in
Freiheitsgrade	6 Drehgelenke
Abmessungen Steuergerät (W × H × D)	475 mm × 423 mm × 268 mm / 18.7 in × 16.7 in × 10.6 in
Steuergerät E/A-Anschlüsse	16 Digitaleingänge, 16 Digitalausgänge, 2 Analogeingänge, 2 Analogausgänge
Werkzeug E/A-Anschlüsse	2 Digitaleingänge, 2 Digitalausgänge, 2 Analogeingänge
E/A-Stromversorgung	24 V 2 A im Steuergerät und 12 V/24 V 600 mA im Werkzeug-
Kommunikation	TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Ethernet-Buchse u. Modbus TCP
Programmierung	PolyScope grafische Benutzeroberfläche auf einem 12" Touchscreen mit Montagevorrichtung
Lärm	Vergleichsweise geräuschlos
IP-Klassifizierung	IP54
Stromverbrauch	Ca. 100 W mit einem typischen Programm
Kooperativer Betrieb	Kooperativer Betrieb nach ISO 10218-1:2011
Temperatur	Der Roboter funktioniert in einem Temperaturbereich von 0-50 °C
Stromversorgung	100-240 VAC, 50-60 Hz
Berechnete Betriebsdauer	35,000 hours
Verkabelung	Kabel zwischen Roboter und Steuergerät (6 m / 236 in) Kabel zwischen Touchscreen und Steuergerät (4.5 m / 177 in)

Teil II

PolyScope-Handbuch

10 Einleitung

Der Universal Robot Arm besteht aus stranggepressten Aluminiumrohren und Gelenken. Die Gelenke und ihre üblichen Bezeichnungen sind in Abbildung 10.1 dargestellt. Am *Fußflansch* ist der Roboter montiert und auf der anderen Seite (*Handgelenk 3*) ist das Roboterwerkzeug befestigt. Indem die Bewegung jedes der Gelenke koordiniert wird, kann der Roboter sein Werkzeug, abgesehen von dem Bereich direkt über und direkt unter des Fußflanschs, frei umherbewegen.

PolyScope ist eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), mit der Sie den Roboterarm und das Steuergerät bedienen, Roboterprogramme ausführen und einfach neue Programme erstellen können.

Im folgenden Abschnitt finden Sie die ersten Schritte für den Betrieb des Roboters. Danach werden die Bildschirme und Funktionen von PolyScope detaillierter beschrieben.

10.1 Erste Schritte

Vor der Verwendung von PolyScope müssen der Roboterarm und das Steuergerät installiert und das Steuergerät eingeschaltet werden.

10.1.1 Installation des Roboterarms und des Steuergeräts

Um den Roboterarm und das Steuergerät zu installieren, gehen Sie wie folgt vor:

1. Packen Sie den Roboter und das Steuergerät aus.
2. Montieren Sie den Roboter auf einer stabilen, vibrationsfreien Oberfläche.
3. Positionieren Sie das Steuergerät auf dessen Fuß.

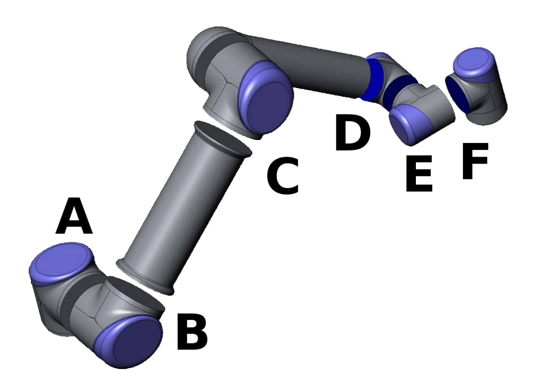


Abbildung 10.1: Gelenke des Roboters. A: *Fußflansch*, B: *Schulter*, C: *Ellbogen* und D, E, F: *Handgelenk 1, 2, 3*

4. Verbinden Sie den Roboter und das Steuergerät durch Anschließen des Roboterkabels.
5. Stecken Sie den Netzstecker des Steuergerätes ein.



WARNUNG:
Kippgefahr. Wird der Roboter nicht sicher auf einer stabilen Oberfläche platziert, kann er umfallen und Verletzungen verursachen.

Detaillierte Installationsanweisungen finden Sie hier: Hardware-Installationshandbuch. Beachten Sie, dass eine Risikobewertung erforderlich ist, bevor der Roboterarm für Arbeiten eingesetzt wird.

10.1.2 Ein- und Ausschalten des Steuergeräts

Das Steuergerät wird mit Hilfe der Taste Power eingeschaltet. Diese befindet sich an der Vorderseite des Felds mit dem Touch-Screen. Dieses Feld wird in der Regel *Teach Pendant* genannt. Wenn das Steuergerät eingeschaltet ist, erscheint Text vom zugrundeliegenden Betriebssystem auf dem Touch-Screen. Nach etwa einer Minute erscheinen einige Schaltflächen auf dem Bildschirm und ein Pop-up-Fenster leitet den Benutzer zum Initialisierungsbildschirm (siehe 10.4).

Um das Steuergerät auszuschalten, drücken Sie den grünen an/aus Schalter „Power" auf dem Bildschirm oder nutzen Sie die Schaltfläche `Roboter abschalten` auf dem Startbildschirm (siehe 10.3).



WARNUNG:
Eine Abschaltung durch Herausziehen des Netzkabels aus der Steckdose kann das Dateisystem des Roboters beschädigen, was zu einer Fehlfunktion des Roboters führen könnte.

10.1.3 Ein- und Ausschalten des Roboterarms

Der Roboterarm kann eingeschaltet werden, wenn das Steuergerät eingeschaltet ist und keine Not-Aus-Tasten aktiviert sind. Der Roboterarm wird über den Initialisierungsbildschirm (siehe 10.4) eingeschaltet, indem die Schaltfläche `Ein` auf dem Bildschirm und anschließend die Schaltfläche `Start` betätigt werden. Wenn ein Roboter gestartet wird, gibt er ein Geräusch von sich und bewegt sich leicht während der Freigabe der Bremsen.

Die Stromversorgung zum Roboterarm kann über die Schaltfläche `Aus` auf dem Initialisierungsbildschirm unterbrochen werden. Der Roboter schaltet sich auch automatisch aus, wenn das Steuergerät ausgeschaltet wird.

10.1.4 Schnellstart

Um den Roboter schnell zu starten, nachdem er installiert wurde, befolgen Sie die folgenden Schritte:



1. Drücken Sie den Not-Aus-Taster an der Vorderseite des Handprogrammiergerätes.
2. Drücken Sie den An/Aus-Schalter am Teach Pendant.
3. Warten Sie eine Minute, während das System hochfährt und Text auf dem Touch-Screen angezeigt wird.
4. Wenn das System bereit ist, erscheint ein Pop-up-Fenster auf dem Touch-Screen, das Ihnen mitteilt, dass der Roboter initialisiert werden muss.
5. Tippen Sie auf die Schaltfläche im Pop-up-Dialog. Sie werden nun zum Initialisierungsbildschirm geleitet.
6. Warten Sie, bis der Dialog `Bestätigung der angewandten Sicherheitskonfiguration` erscheint und drücken Sie die Taste `Sicherheitskonfiguration bestätigen`. Eine erste Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern findet nun Anwendung, die auf der Grundlage einer Risikobewertung angepasst werden müssen.
7. Entriegeln Sie den Not-Aus-Schalter. Der Roboterzustand ändert sich nun von `Notabschaltung` zu `Roboterspannung Aus`.
8. Gehen Sie außer Reichweite (aus dem Arbeitsbereich) des Roboters.
9. Tippen Sie auf die Schaltfläche `Ein` auf dem Touchscreen. Warten Sie einige Sekunden bis sich der Roboterzustand zu `Leerlauf` ändert.
10. Prüfen Sie, dass die Nutzlastmasse und die gewählte Montage korrekt sind. Sie werden benachrichtigt, wenn die anhand von Sensordaten erkannte Montage nicht der ausgewählten Montage entspricht.
11. Tippen Sie auf die Schaltfläche `Start` auf dem Touchscreen. Der Roboter gibt nun ein Geräusch von sich und bewegt sich ein wenig, während er die Bremsen entriegelt.
12. Berühren Sie die Schaltfläche `OK`, wodurch der `Startbildschirm` erscheint.

10.1.5 Das erste Programm

Ein Programm ist eine Auflistung von Befehlen, die dem Roboter vorgeben, was dieser zu tun hat. PolyScope ermöglicht die Programmierung des Roboters auch durch Personen mit wenig Programmiererfahrung. Für die meisten Aufgaben erfolgt die Programmierung ausschließlich mit dem Touch-Screen, ohne dabei kryptische Befehle eingeben zu müssen.

Da die Werkzeugbewegung ein wichtiger Teil eines Roboterprogramms ist, ist eine Methode wichtig, mit der man dem Roboter die Bewegungen beibringt. In PolyScope sind die Bewegungen des Werkzeugs mithilfe einer Reihe von *Wegpunkten* vorgegeben, z. B. Punkte im Arbeitsbereich des Roboters. Ein Wegpunkt kann vorgegeben werden, indem man den Roboter in eine bestimmte Position bewegt, oder indem man diesen durch die Software berechnen lässt. Um den Roboterarm in eine bestimmte Position zu bewegen, nutzen Sie entweder den Move-Tab (siehe 12.1) oder positionieren Sie den Roboterarm per Hand, während Sie die *Freedrive*-Taste an der Hinterseite des Teach Pendants gedrückt halten.

Neben der Bewegung entlang verschiedener Wegpunkte kann das Programm an bestimmten Stellen entlang des Weges des Roboters E-/A-Signale an andere Ma-

schinen senden und aufgrund von Variablen und E-/A-Signalen Befehle ausführen, beispielsweise `if...then` und `loop`.

Um auf einem hochgefahrenen Roboter ein einfaches Programm zu erstellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Tippen Sie auf die Schaltfläche `Roboter programmieren` und wählen Sie `Neues Programm`.
2. Berühren Sie die Schaltfläche `Weiter` (unten rechts), so dass die `<leere>` Ziele in der Baumstruktur auf der linken Bildschirmseite gewählt wird.
3. Öffnen Sie den Tab `Struktur`.
4. Tippen Sie auf die Schaltfläche `Move`.
5. Öffnen Sie den Tab `Befehl`.
6. Tippen Sie auf die Schaltfläche `Weiter`, um die `Wegpunkt`-Einstellungen zu öffnen.
7. Berühren Sie die Schaltfläche `Wegpunkt festlegen` neben dem Symbol `,,?''`.
8. Bewegen Sie den Roboter im `Move`-Bildschirm, indem Sie die verschiedenen blauen Pfeile drücken oder indem Sie die Taste `Freedrive` auf der Rückseite des Teach Pendants gedrückt halten, während Sie den Arm des Roboters ziehen.
9. Drücken Sie `OK`.
10. Drücken Sie `Wegpunkt davor`.
11. Berühren Sie die Schaltfläche `Wegpunkt festlegen` neben dem Symbol `,,?''`.
12. Bewegen Sie den Roboter im `Move`-Bildschirm, indem Sie die verschiedenen blauen Pfeile drücken oder indem Sie die Taste `Freedrive` gedrückt halten, während Sie den Arm des Roboters ziehen.
13. Drücken Sie `OK`. Mit
14. Ihr Programm ist fertig. Der Roboter wird sich zwischen den beiden Wegpunkten bewegen, wenn Sie das Symbol „Abspielen" drücken. Treten Sie zurück und halten Sie eine Hand am Not-Aus-Schalter. Drücken Sie anschließend auf „Abspielen".
15. Herzlichen Glückwunsch! Sie haben Ihr erstes Roboterprogramm erstellt, das den Roboter zwischen zwei vorgegebenen Wegpunkten bewegt.



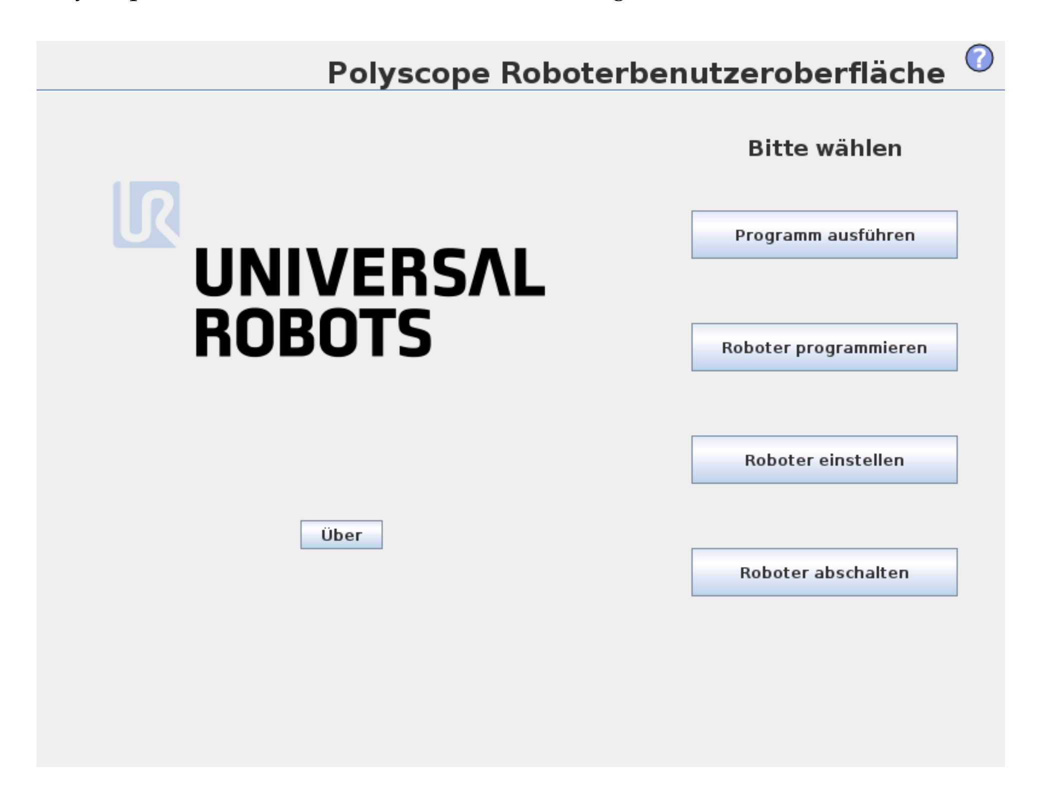


WARNUNG:

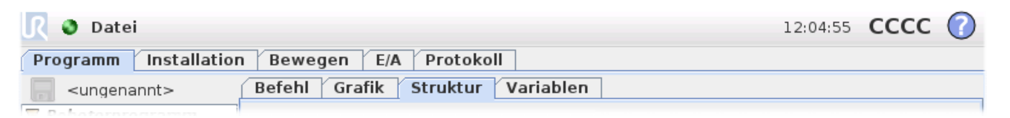
1. Bewegen Sie den Roboter nicht in sich selbst oder andere Dinge, da dies den Roboter beschädigen kann.
2. Halten Sie Ihren Kopf und Oberkörper vom Arbeitsbereich des Roboters fern. Halten Sie Finger fern von Bereichen, in denen sie sich verfangen können.
3. Dies ist nur eine Schnellstartanleitung, um zu demonstrieren, wie einfach es ist, einen UR Roboter zu verwenden. Es wird von einer ungefährlichen Umgebung und einem sehr vorsichtigen Benutzer ausgegangen. Erhöhen Sie nicht die Geschwindigkeit oder die Beschleunigung über die Standardwerte hinaus. Führen Sie immer eine Risikobewertung durch, bevor Sie den Roboter in Betrieb setzen.

10.2 PolyScope-Programmierschnittstelle

PolyScope läuft auf dem Touch-Screen am Steuergerät.

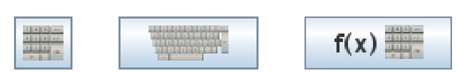


Die oben stehende Abbildung zeigt den Startbildschirm. Die bläulichen Bereiche des Bildschirmes sind Schaltflächen, die mit dem Finger oder der Rückseite eines Stiftes betätigt werden können. PolyScope verfügt über eine hierarchische Bildschirmstruktur. In der Programmierumgebung sind die Bildschirme für einen leichten Zugang in *Tabs* (Registerkarten) angeordnet.



In diesem Beispiel ist der Tab `Programm` auf der obersten Ebene und darunter der Tab `Struktur` ausgewählt. Der Tab `Programm` enthält Informationen zum aktuell geladenen Programm. Wenn der Tab `Move` ausgewählt wird, wechselt der Bildschirm zum *Move*-Bildschirm, von wo aus der Roboter bewegt werden kann. Durch die Auswahl des Tab `E/A` wird gleichzeitig der aktuelle Zustand der elektrischen Ein- und Ausgänge überwacht und geändert.

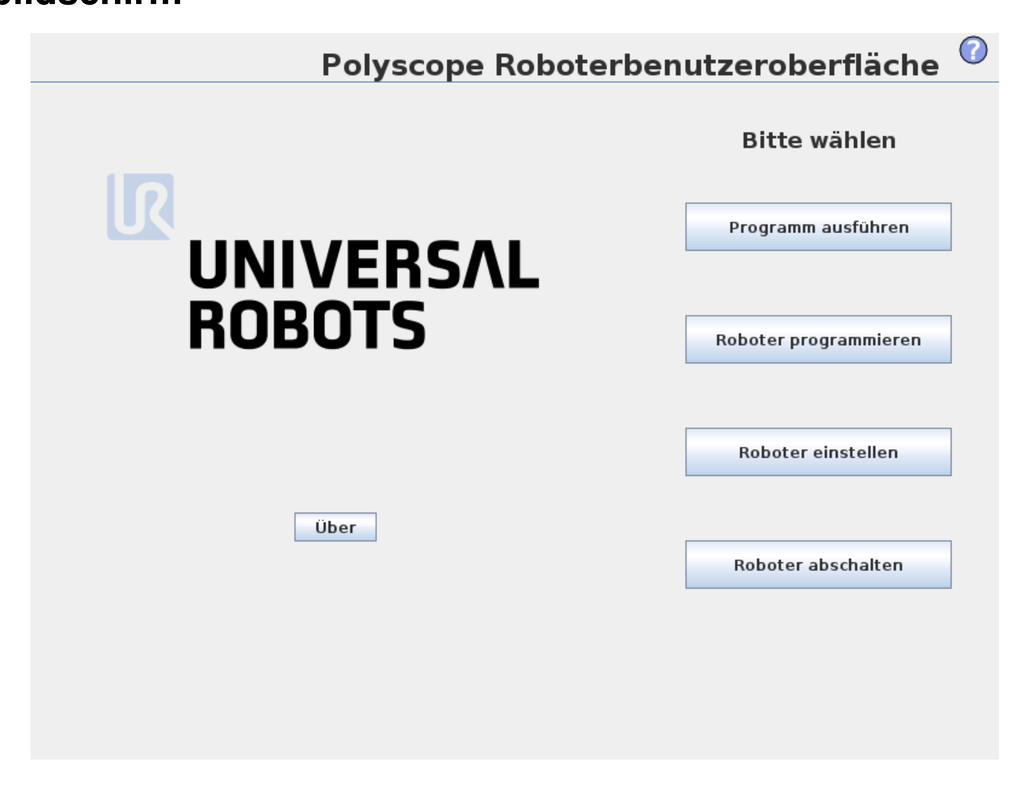
Der Anschluss einer Maus oder einer Tastatur an das Steuergerät bzw. das Teach Pendant ist möglich, wird jedoch nicht benötigt. Fast alle Textfelder sind durch Berührung aktivierbar, sodass eine Berührung der Felder einen Nummernblock oder eine Tastatur auf dem Bildschirm anzeigt. Textfelder, die nicht durch Berührung aktiviert werden können, verfügen über ein Editor-Symbol, über das der entsprechende Eingangs-Editor gestartet wird.



Die Symbole auf dem Nummernblock, der Tastatur und dem Funktionseditor auf dem Bildschirm finden Sie oben stehend.

Die verschiedenen Bildschirme von PolyScope werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

10.3 Startbildschirm

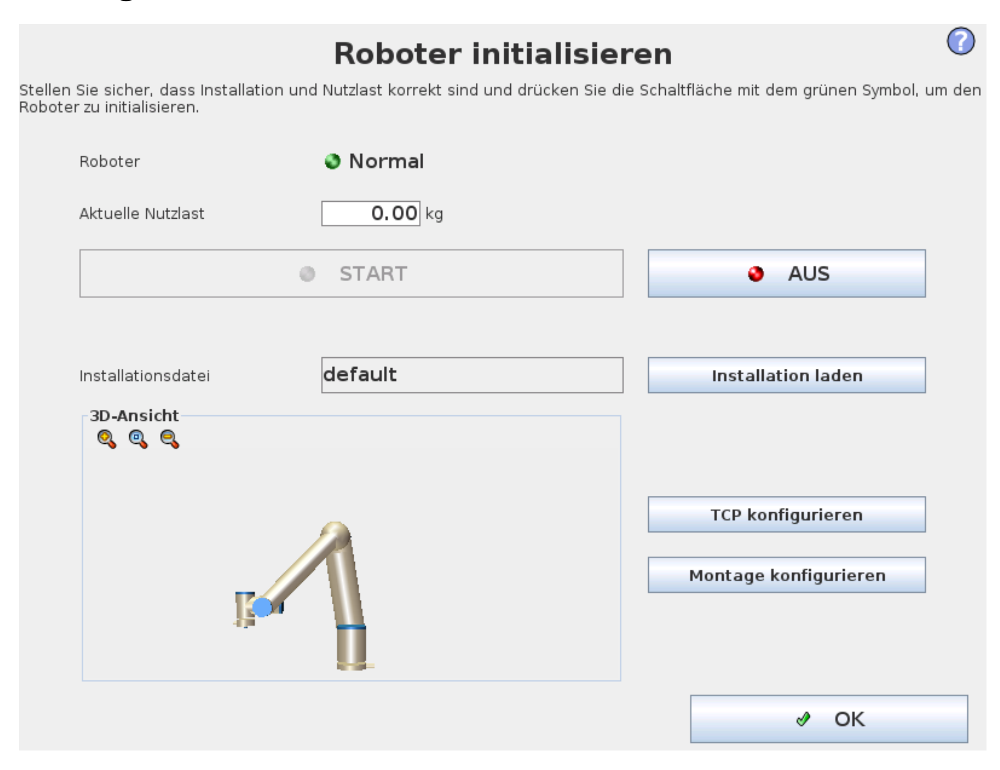


Nach dem Starten des Steuerungscomputers wird der Startbildschirm angezeigt. Der Bildschirm bietet die folgenden Optionen:



- **Programm ausführen:** Vorhandenes Programm auswählen und ausführen. Dies ist der einfachste Weg, den Roboterarm und das Steuergerät zu bedienen.
- **Roboter programmieren:** Ändern Sie ein Programm oder erstellen Sie ein neues Programm.
- **Roboter einstellen:** Legen Sie Passwörter fest, aktualisieren Sie Software, fordern Sie Support an, kalibrieren Sie den Touch-Screen usw.
- **Roboter abschalten:** Schaltet den Roboterarm und das Steuergerät aus.

10.4 Initialisierungsbildschirm



Mit diesem Bildschirm steuern Sie die Initialisierung des Roboterarms.

Roboterarm-Statusanzeige

Diese Status-LED zeigt den Laufstatus des Roboterarms an:

- Eine helle, rote LED zeigt an, dass der Roboterarm sich derzeit in einem gestoppten Status befindet, wofür es mehrere Gründe gibt.
- Eine helle, gelbe LED zeigt an, dass der Roboterarm eingeschaltet ist, jedoch nicht bereit für den normalen Betrieb ist.
- Eine grüne LED zeigt an, dass der Roboterarm eingeschaltet und bereit für den normalen Betrieb ist.

Der neben der LED erscheinende Text spezifiziert den aktuellen Status des Roboterarms näher.

Aktive Nutzlast und Installation

Wenn der Roboterarm eingeschaltet ist, wird die Nutzlastmasse, die vom Steuergerät beim Bedienen des Roboterarms genutzt wird, in dem kleinen, weißen Textfeld angezeigt. Dieser Wert kann durch Tippen auf das Textfeld und Eingabe eines neuen Werts geändert werden. Beachten Sie, dass das Festlegen dieses Werts nicht die Nutzlast in der Installation des Roboters (siehe 12.6) ändert. Nur die vom Steuergerät verwendete Nutzlastmasse wird festgelegt.

Gleichermaßen wird der Name der aktuell geladenen Installationsdatei in dem grauen Textfeld angezeigt. Eine andere Installation kann durch Tippen auf das Textfeld oder mithilfe der Taste `Laden` daneben geladen werden. Alternativ kann die geladene Installation mithilfe der Tasten neben der 3D-Ansicht im unteren Bereich des Bildschirms angepasst werden.

Vor dem Starten des Roboterarms ist es sehr wichtig zu verifizieren, dass sowohl die aktive Nutzlast als auch die aktive Installation zu der Situation gehören, in der sich der Roboterarm derzeit befindet.

Initialisierung des Roboterarms



GEFAHR:
Verifizieren Sie immer, dass die tatsächliche Nutzlast und Installation korrekt sind, bevor Sie den Roboterarm starten. Wenn diese Einstellungen falsch sind, funktionieren der Roboter und das Steuergerät nicht korrekt und können eine Gefahr für Menschen oder Geräte in ihrem Umfeld werden.



VORSICHT:
Sie sollten besonders vorsichtig sein, wenn der Roboterarm ein Hindernis oder einen Tisch berührt, da ein Gelenkgetriebe beschädigt werden kann, wenn der Roboterarm in das Hindernis gesteuert wird.

Die große Taste mit dem grünen Symbol dient zur Durchführung der eigentlichen Initialisierung des Roboterarms. Der Text darauf und die Aktion, die sie ausführt, verändern sich je nachdem, in welchem Status sich der Roboterarm aktuell befindet.

- Nachdem der Steuerungscomputer hochgefahren ist, muss die Taste einmal angetippt werden, um den Roboterarm einzuschalten. Der Roboterarmstatus wechselt dann zu *Roboterspannung ein* und anschließend zu *Leerlauf*. Bitte beachten Sie, dass der Roboterarm nicht eingeschaltet werden kann, wenn ein Not-Aus vorliegt; daher wird die Taste deaktiviert.
- Wenn der Status des Roboterarms *Leerlauf* ist, muss die Taste noch einmal angetippt werden, um den Roboterarm zu starten. Nun werden Sensordaten gegen die konfigurierte Montage des Roboterarms geprüft. Wird eine fehlende



Übereinstimmung entdeckt (mit einer Toleranz von 30°), wird die Taste deaktiviert und unter ihr eine Fehlermeldung angezeigt.

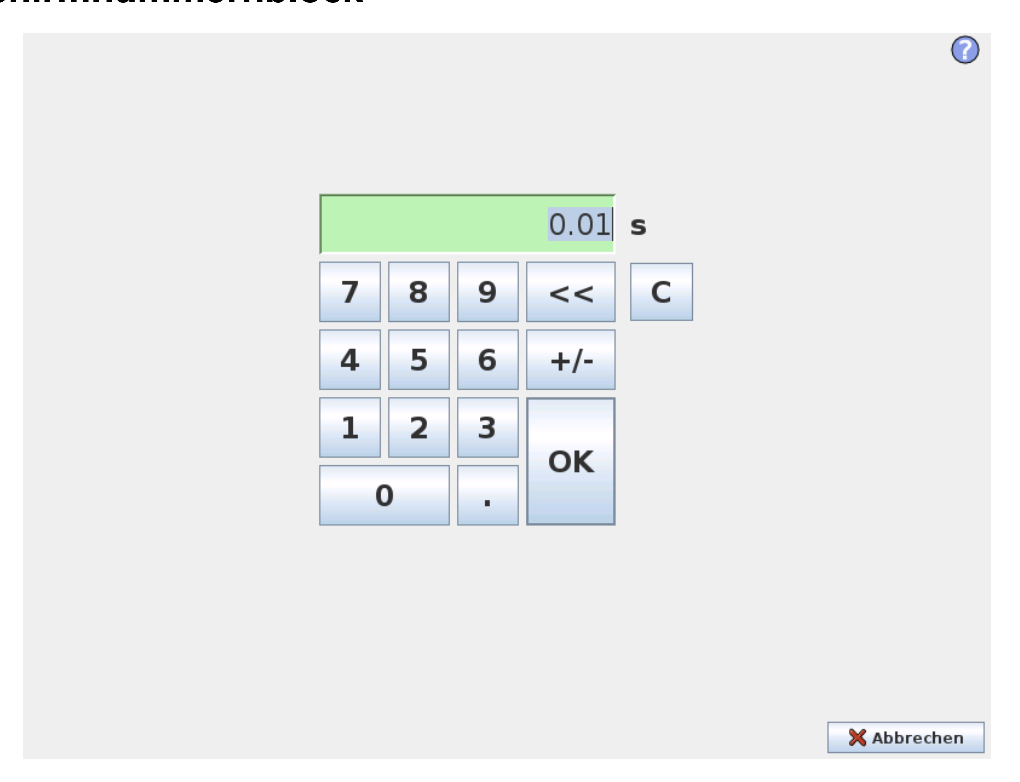
Ist die Montageverifizierung bestanden, werden durch Tippen auf die Taste alle Gelenkbremsen gelöst und der Roboterarm ist bereit für den normalen Betrieb. Bitte beachten Sie, dass der Roboter nun ein Geräusch von sich gibt und sich ein wenig bewegt, während er die Bremsen entriegelt.

- Verletzt der Roboterarm eine der Sicherheitsgrenzen, nachdem er gestartet wird, arbeitet er in einem speziellen *Wiederherstellungsmodus*. In diesem Modus wird durch Tippen auf die Taste in einen Wiederherstellungsmodus gewechselt, in dem der Roboterarm in die Sicherheitsgrenzen zurückbewegt werden kann.
- Tritt eine Störung auf, kann das Steuergerät mithilfe der Taste neugestartet werden.
- Wenn das Steuergerät momentan nicht läuft, wird es durch Tippen auf die Taste gestartet.

Die kleinere Taste mit dem roten Symbol dient zum Ausschalten des Roboterarms.

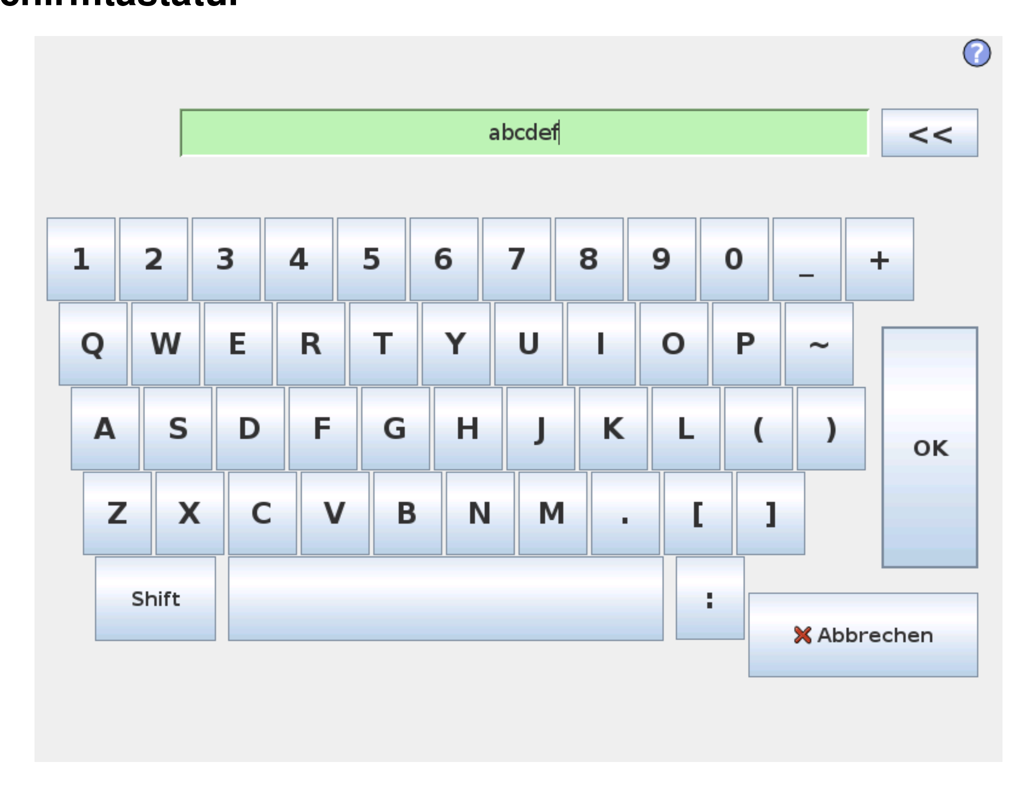
11 Bildschirm Editoren

11.1 Bildschirmnummernblock



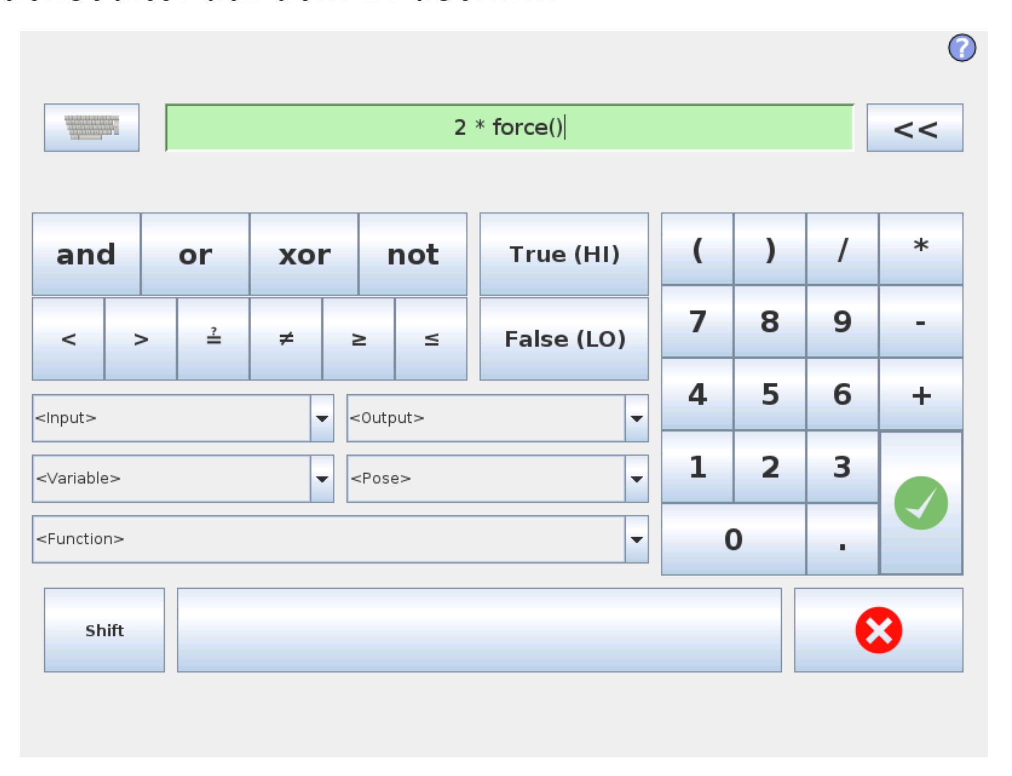
Einfache Zifferneingabe- und Bearbeitungsfunktion. In vielen Fällen wird die Einheit des eingegebenen Wertes neben dem Zahlenwert angezeigt.

11.2 Bildschirmtastatur



Einfache Texteingabe- und Bearbeitungsfunktion. Die `Umschalt`-Taste kann verwendet werden, um zusätzliche Sonderzeichen zu erhalten.

11.3 Ausdruckseditor auf dem Bildschirm





Während der Ausdruck selbst als Text bearbeitet wird, verfügt der Ausdruckseditor über eine Vielzahl von Schaltflächen und Funktionen zur Eingabe der speziellen Ausdruckssymbole, wie zum Beispiel $*$ zur Multiplikation und $\leq$ für kleiner gleich. Die Tastatursymbolschaltfläche oben rechts im Bildschirm schaltet auf Textbearbeitung des Ausdruckes um. Alle definierten Variablen sind in der `Variablen` enthalten, während die Namen der Ein- und Ausgangsanschlüsse in den Auswahlfunktionen `Eingang` und `Ausgang` zu finden sind. Einige Sonderfunktionen finden Sie unter `Funktion`.

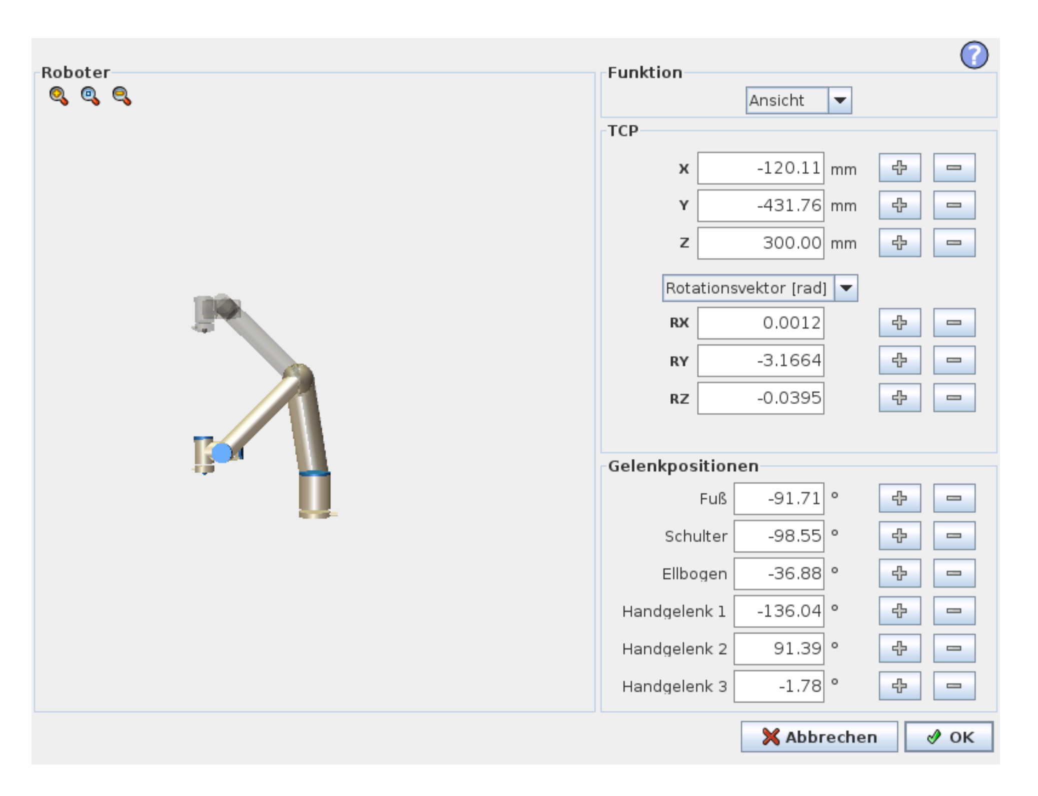
Der Ausdruck wird auf grammatische Fehler überprüfen, wenn Sie die Schaltfläche `OK` betätigen. Mit der Schaltfläche `Abbrechen` verlassen Sie den Bildschirm und verwerfen alle Änderungen.

Ein Ausdruck kann wie folgt aussehen:

```
digital_in[1]?=Wahr und analog_in[0]<0.5
```

11.4 Posenbearbeitungsbildschirm

Auf diesem Bildschirm können Sie die Zielpositionen der Gelenke oder eine Zielpose (Position und Ausrichtung) des Roboterwerkzeugs festlegen. Dieser Bildschirm ist „offline" und steuert den Roboterarm nicht direkt.



Roboter

Die aktuelle Position des Roboterarms und die festgelegte neue Zielposition werden in 3D-Grafiken angezeigt. Die 3D-Zeichnung des Roboterarms zeigt die aktuelle Position des Roboterarms an während der „Schatten" des Roboterarms die

Zielposition des Roboterarms angibt, die durch die festgelegten Werte auf der rechten Bildschirmseite gesteuert wird. Betätigen Sie die Lupensymbole, um hinein-/herauszuzoomen oder ziehen Sie einen Finger darüber, um die Ansicht zu ändern.

Wenn die spezifizierte Zielposition des Roboter-TCP einer Sicherheits- oder Auslöserebene nahe ist oder die Ausrichtung des Roboterwerkzeugs sich nahe am Limit der Werkezugausrichtungsgrenze (siehe 15.11) befindet, wird eine 3D-Darstellung des Näherungslimits der Grenze angezeigt.

Sicherheitsebenen werden in Gelb und Schwarz zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der für die Ebene Normal steht, was angibt, auf welcher Seite der Ebene der Roboter-TCP positioniert werden darf. Auslöserebenen werden in Blau und Grün zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der auf die Seite der Ebene zeigt, auf der die Grenzen des Modus *Normal* (siehe 15.5) aktiv sind. Das Limit der Werkzeugausrichtungsgrenze wird anhand eines sphärischen Kegels visualisiert, wobei ein Vektor die aktuelle Ausrichtung des Roboterwerkzeugs anzeigt. Das Innere des Kegels repräsentiert den zulässigen Bereich für die Werkzeugausrichtung (Vektor).

Wenn der Zielroboter-TCP sich nicht mehr in Nähe zum Limit befindet, verschwindet die 3D-Darstellung. Wenn der Ziel-TCP ein Grenzlimit verletzt oder dem sehr nahe ist, wird die Visualisierung des Limits rot.

Funktion und Werkzeugposition

Oben rechts auf dem Bildschirm ist der Funktionseinsteller zu finden. Er legt fest, welche Funktion des Roboterarms angesteuert wird.

Der Name des aktuell aktiven Tool Center Point (TCP) wird unterhalb des Funktionseinstellers angezeigt. Weitere Informationen zur Konfigurationen mehrerer bezeichneter TCPs finden Sie hier 12.6. Die Textfelder zeigen die vollständigen Koordinatenwerte dieses TCPs relativ zur ausgewählten Funktion an. `X`, `Y` und `Z` steuern die Position des Werkzeugs, während `RX`, `RY` und `RZ` die Ausrichtung des Werkzeugs koordinieren.

Verwenden Sie das Auswahlmenü über den Feldern `RX`, `RY` und `RZ`, um die Ausrichtungsdarstellung auszuwählen. Die folgenden Typen stehen zur Verfügung:

- **Rotationvektor [rad]** Die Ausrichtung wird als *Rotationsvektor* angegeben. Die Länge der Achse entspricht dem zu drehenden Winkel in Radianten, und der Vektor selbst gibt die Achse an, um die die Drehung erfolgt. Dies ist die Standardeinstellung.
- **Rotationsvektor [°]** Die Ausrichtung wird als *Rotationsvektor* angegeben, wobei die Länge des Vektors der Rotationswinkel in Grad ist.
- **RPY [rad]** *Rollen-*, *Anstellen-* und *Gieren*-Winkel (*RPY*), die als Radianten angegeben werden. Die RPY-Rotationsmatrix (X-, Y'-, Z''-Rotation) wird angegeben durch:

$$R_{rpy}(\gamma, \beta, \alpha) = R_Z(\alpha) \cdot R_Y(\beta) \cdot R_X(\gamma)$$

- **RPY [°]** *Rollen-*, *Anstellen-* und *Gieren*-Winkel (*RPY*), die in Grad angegeben werden.



Die Werte können bearbeitet werden, indem Sie auf die Koordinate klicken. Durch Klicken auf die Schaltflächen + und − rechts neben einem Feld können Sie den aktuellen Wert um einen Betrag erhöhen oder verringern. Durch Gedrückthalten einer Schaltfläche wird der Wert direkt erhöht/verringert. Je länger Sie die Schaltfläche gedrückt halten, umso mehr wird der Wert erhöht oder verringert.

Gelenkpositionen

Ermöglicht die direkte Festlegung der einzelnen Gelenkpositionen. Jede Gelenkposition kann einen Wert im Bereich von $-360°$ bis $+360°$ aufweisen, wobei es sich um die *Gelenkgrenzen* handelt. Die Werte können bearbeitet werden, indem Sie auf die Gelenkposition klicken. Durch Klicken auf die Schaltflächen + und − rechts neben einem Feld können Sie den aktuellen Wert um einen Betrag erhöhen oder verringern. Durch Gedrückthalten einer Schaltfläche wird der Wert direkt erhöht/verringert. Je länger Sie die Schaltfläche gedrückt halten, umso mehr wird der Wert erhöht oder verringert.

Schaltfläche „OK"

Wenn dieser Bildschirm auf dem Tab `Move` aktiviert wurde (siehe 12.1), gelangen Sie durch Klicken auf die Schaltfläche `OK` zurück zum Tab `Move`, auf dem sich der Roboterarm in die festgelegte Zielposition bewegt. Wenn der zuletzt festgelegte Wert eine Werkzeugkoordinate war, bewegt sich der Roboterarm mithilfe der Bewegungsart *FahreLinear* in die Zielposition. Im Gegensatz dazu bewegt sich der Roboterarm mithilfe der Bewegungsart *FahreAchse* in die Zielposition, wenn zuletzt eine Gelenkposition festgelegt wurde. Die unterschiedlichen Bewegungsarten werden im Abschnitt 13.5 erklärt.

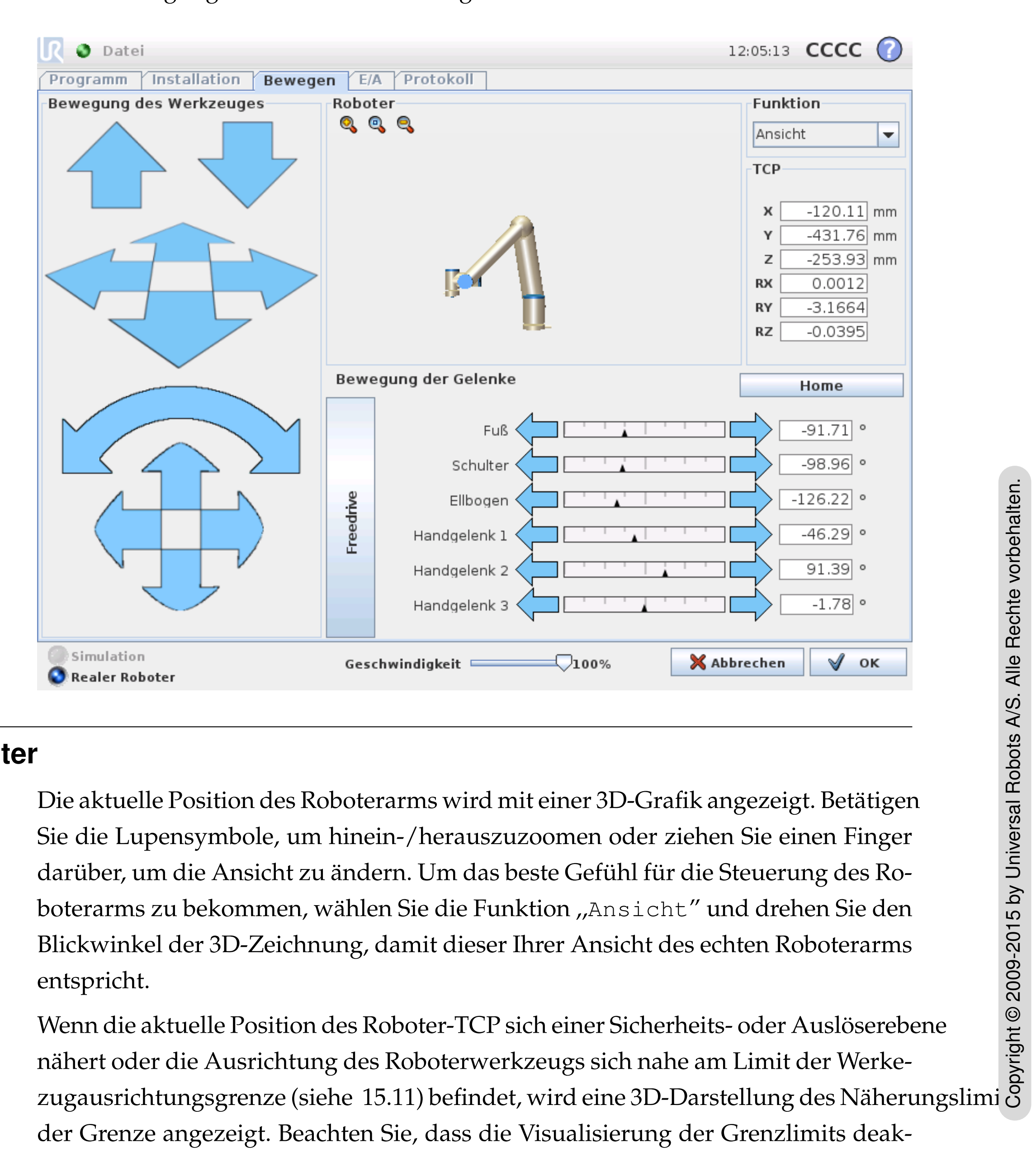
Schaltfläche „Abbrechen"

Mit der Schaltfläche „`Abbrechen`" verlassen Sie den Bildschirm und verwerfen alle Änderungen.

12 Roboter Steuerung

12.1 Move-Tab

Mit diesem Bildschirm können Sie den Roboterarm immer direkt bewegen (ruckweise einstellen), entweder durch Versetzung/Drehung des Roboterwerkzeugs oder durch Bewegung der einzelnen Robotergelenke.



12.1.1 Roboter

Die aktuelle Position des Roboterarms wird mit einer 3D-Grafik angezeigt. Betätigen Sie die Lupensymbole, um hinein-/herauszuzoomen oder ziehen Sie einen Finger darüber, um die Ansicht zu ändern. Um das beste Gefühl für die Steuerung des Roboterarms zu bekommen, wählen Sie die Funktion „`Ansicht`" und drehen Sie den Blickwinkel der 3D-Zeichnung, damit dieser Ihrer Ansicht des echten Roboterarms entspricht.

Wenn die aktuelle Position des Roboter-TCP sich einer Sicherheits- oder Auslöserebene nähert oder die Ausrichtung des Roboterwerkzeugs sich nahe am Limit der Werkezugausrichtungsgrenze (siehe 15.11) befindet, wird eine 3D-Darstellung des Näherungslimi der Grenze angezeigt. Beachten Sie, dass die Visualisierung der Grenzlimits deaktiviert wird, während der Roboter ein Programm ausführt.

Sicherheitsebenen werden in Gelb und Schwarz zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der für die Ebene Normal steht, was angibt, auf welcher Seite der Ebene der Roboter-TCP positioniert werden darf. Auslöserebenen werden in Blau und Grün zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der auf die Seite der Ebene

zeigt, auf der die Grenzen des Modus *Normal* (siehe 15.5) aktiv sind. Das Limit der Werkzeugausrichtungsgrenze wird anhand eines sphärischen Kegels visualisiert, wobei ein Vektor die aktuelle Ausrichtung des Roboterwerkzeugs anzeigt. Das Innere des Kegels repräsentiert den zulässigen Bereich für die Werkzeugausrichtung (Vektor).

Wenn der Roboter-TCP sich nicht mehr in Nähe zum Limit befindet, verschwindet die 3D-Darstellung. Wenn der TCP ein Grenzlimit verletzt oder dem sehr nahe ist, wird die Visualisierung des Limits rot.

12.1.2 Funktion und Werkzeugposition

Oben rechts auf dem Bildschirm ist der Funktionseinsteller zu finden. Er legt fest, welche Funktion des Roboterarms angesteuert wird.

Der Name des aktuell aktiven Tool Center Point (TCP) wird unterhalb des Funktionseinstellers angezeigt. Die Textfelder zeigen die vollständigen Koordinatenwerte dieses TCPs relativ zur ausgewählten Funktion an. Weitere Informationen zur Konfigurationen mehrerer bezeichneter TCPs finden Sie hier 12.6.

Werte können manuell durch Anklicken der Koordinaten oder der Gelenkpositionen bearbeitet werden. Dies führt Sie auf den Posenbearbeitungsbildschirm (siehe 11.4), auf dem Sie eine Zielposition und die Ausrichtung des Werkzeugs oder der Zielgelenkpositionen angeben.

12.1.3 Bewegung des Werkzeuges

- Das Gedrückthalten eines `Bewegungspfeils` (oben) bewegt die Werkzeugspitze des Roboters in die angegebene Richtung.
- Das Gedrückthalten eines `Drehungspfeils` (Taste) dreht die Ausrichtung der Werkzeugspitze des Roboters in die angegebene Richtung. Der Drehpunkt ist der Werkzeugmittelpunkt (TCP), d. h. der Punkt am Ende des Roboterarms, der einen charakteristischen Punkt auf dem Roboterwerkzeug ergibt. Der TCP wird kleine blaue Kugel dargestellt.

Hinweis: *Lassen Sie die Schaltfläche los, um die Bewegung jederzeit zu stoppen!*

12.1.4 Bewegung der Gelenke

Ermöglicht die direkte Steuerung der einzelnen Gelenke. Jedes Gelenk kann sich von $-360°$ bis $+360°$ bewegen. Dies sind die standardmäßigen *Gelenkgrenzen*, die für jedes Gelenk durch eine horizontale Leiste dargestellt werden. Wenn ein Gelenk seine Grenze erreicht, kann es sich nicht weiter weg bewegen. Wenn die Grenzen für ein Gelenk mit einem Positionsbereich konfiguriert wurden, der sich vom Standard (siehe 15.10) unterscheidet, wird dieser Bereich auf der horizontalen Leiste in Rot angezeigt.

12.1.5 Freedrive

Während die *Freedrive*-Taste gedrückt ist, kann der Roboterarm festgehalten und an die gewünschte Stelle gezogen werden. Wenn die Gravitationseinstellung (siehe 12.7) auf der Registerkarte `Setup` falsch ist oder der Roboterarm eine schwere



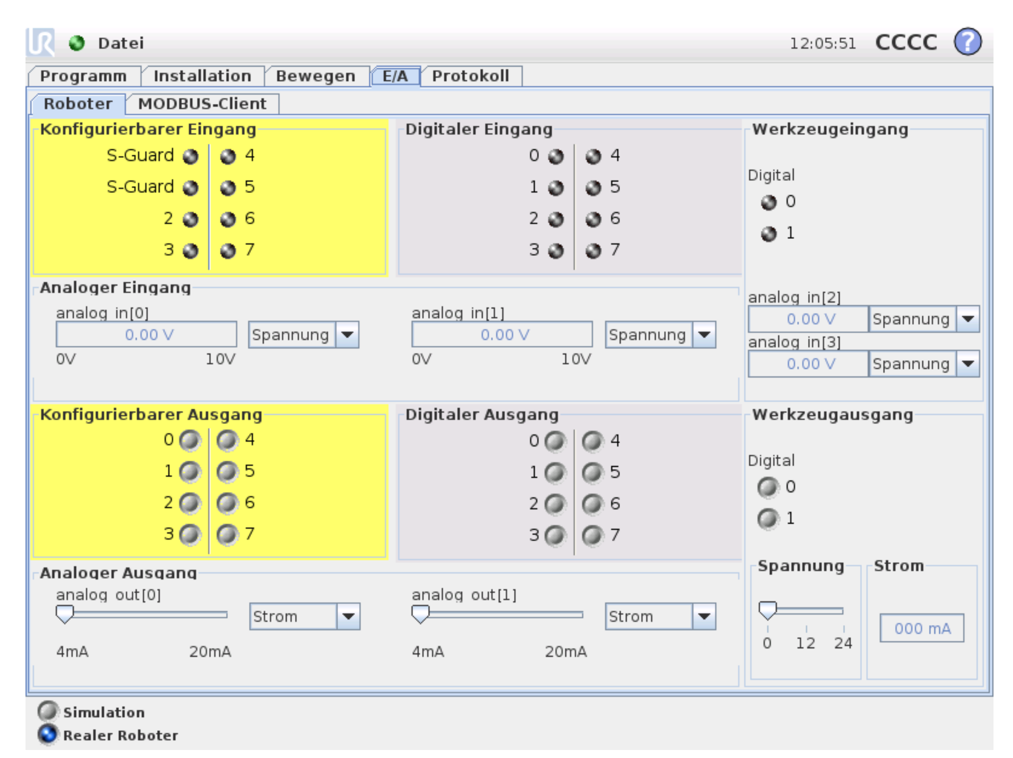
Last trägt, kann sich der Roboterarm bewegen (herabfallen), während die *Freedrive*-Taste gedrückt wird. Lassen Sie die *Freedrive*-Taste in diesem Fall einfach los.



WARNUNG:

1. Stellen Sie sicher, dass Sie die richtigen Installationseinstellungen verwenden (z. B. Robotermontagewinkel, Gewicht in TCP, TCP-Ausgleich). Speichern und laden Sie die Installationsdateien zusammen mit dem Programm.
2. Stellen Sie sicher, dass die TCP-Einstellungen und die Robotermontageeinstellungen korrekt eingestellt sind, bevor die `Freedrive`-Taste bedient wird. Sind diese Einstellungen falsch, wird sich der Roboterarm bewegen, sobald die `Freedrive`-Taste aktiviert wird.
3. Die Freedrive-Funktion (Impedanz/Zurückfahren) sollte nur bei Installationen verwendet werden, in denen die Risikobewertung dies zulässt. Werkzeuge und Hindernisse sollten keine scharfen Kanten oder Klemmpunkte haben. Stellen Sie sicher, dass sich niemand in der Reichweite des Roboterarms befindet.

12.2 Registerkarte E/A



In diesem Bildschirm können Sie die spannungsführenden E/A-Signale vom/zum Robotersteuergerät stets überwachen und einstellen. Der Bildschirm zeigt den ak-

tuellen Zustand der Ein- und Ausgänge an, einschließlich während der Programmausführung. Wenn sich während der Ausführung des Programms Änderungen ergeben, hält das Programm an. Wenn ein Programm anhält, behalten alle Ausgangssignale ihren Status bei. Der Bildschirm wird bei nur 10 Hz aktualisiert, sodass ein sehr schnelles Signal eventuell nicht richtig angezeigt wird.

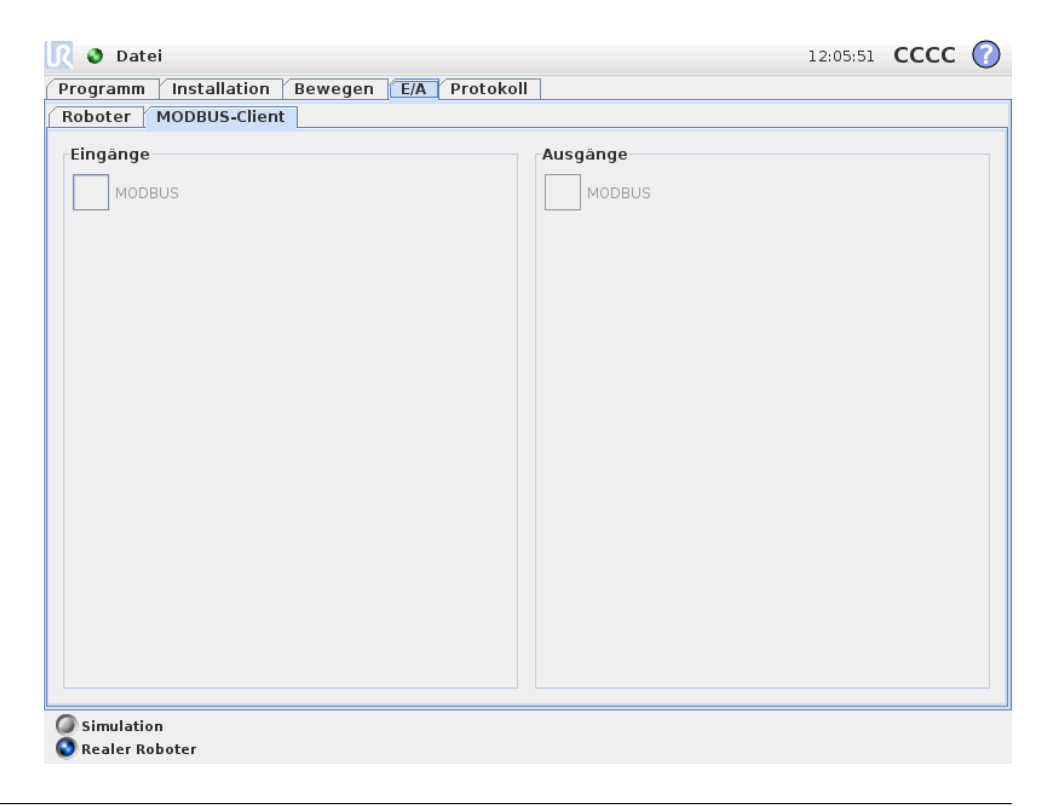
Konfigurierbare E/A können reserviert werden für spezielle Sicherheitseinstellungen, die im Abschnitt Sicherheits-E/A-Konfiguration der Installation (siehe 15.12) definiert sind; reservierte E/A tragen den Namen der Sicherheitsfunktion anstatt dem Namen des Standards oder einen benutzerdefinierten Namen. Konfigurierbare Ausgänge, die für Sicherheitseinstellungen reserviert sind, können nicht bedient werden und werden nur als LEDs angezeigt.

Die elektrischen Angaben der Signale sind im Benutzerhandbuch beschrieben.

Einstellung Analogdomäne Die analogen E/A können entweder auf Stromausgang [4-20 mA] oder Spannungsausgang [0-10 V] eingestellt werden. Die Einstellungen werden für mögliche spätere Neustarts des Steuergeräts des Roboters bei der Speicherung eines Programms gespeichert.

12.3 MODBUS-Client-E/A

Hier werden die digitalen E/A-Signale des MODBUS-Client angezeigt, wie sie in der Installation eingegeben wurden. Bei einem Verlust der Signalverbindung wird der entsprechende Eintrag auf dem Bildschirm deaktiviert.



Eingänge

Rufen Sie den Status der digitalen MODBUS-Eingänge auf.



Ausgänge

Rufen Sie den Status der digitalen MODBUS-Ausgänge auf und schalten Sie zwischen ihnen um. Ein Signal kann nur umgeschaltet werden, wenn die Auswahl für die Steuerung durch die Registerkarte „E/A" (beschrieben unter 12.8) dies zulässt.

12.4 AutoMove-Tab

Der Tab „AutoMove" wird eingesetzt, wenn sich der Roboter in eine bestimmte Position innerhalb seines Arbeitsbereiches bewegen muss. Beispielsweise wenn der Roboterarm sich in die Startposition eines Programms bewegen muss, bevor es ausgeführt wird, oder wenn er sich während des Änderns eines Programms zu einem Wegpunkt begibt.



Animation

Die Animation zeigt die Bewegung, die der Roboterarm ausführen wird.



VORSICHT:
Vergleichen Sie die Animation mit der Position des echten Roboterarms und stellen Sie sicher, dass der Roboterarm die Bewegung sicher ausführen kann, ohne Hindernisse zu treffen.



VORSICHT:
Mit der Automove-Funktion wird der Roboter entlang der Schattenbahn bewegt. Kollisionen können den Roboter oder andere Geräte beschädigen.

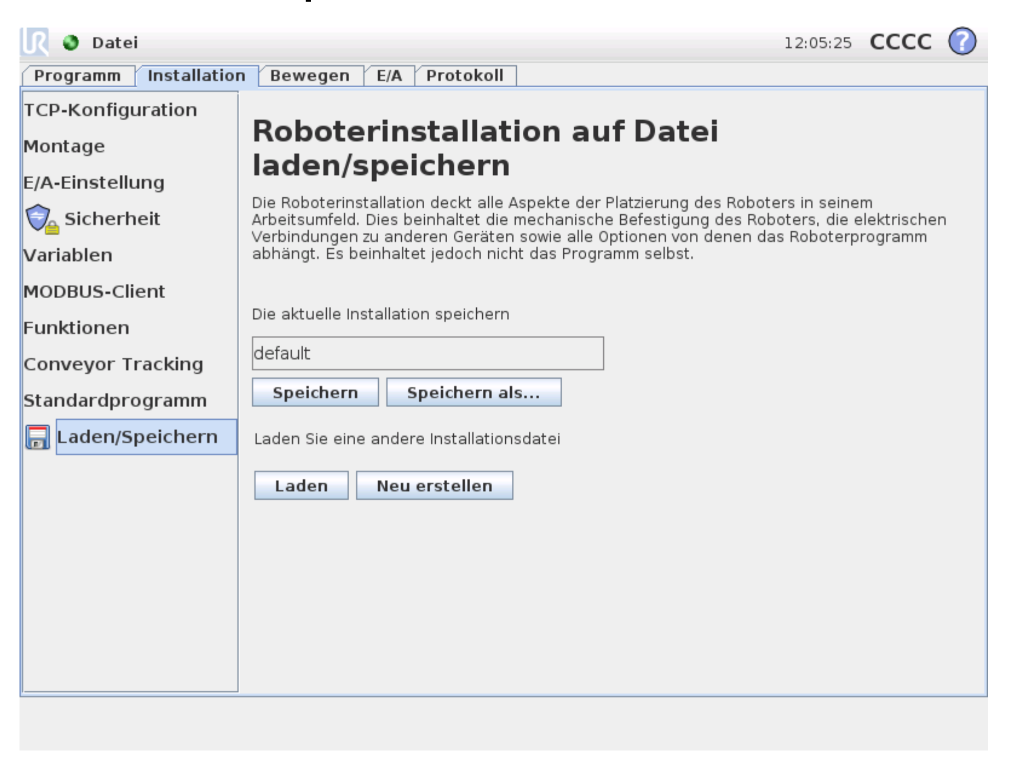
Auto

Halten Sie die Schaltfläche `Auto` gedrückt, um den Roboterarm wie in der Animation zu bewegen. Hinweis: *Lassen Sie die Schaltfläche los, um die Bewegung jederzeit zu stoppen!*

Manuell

Drücken Sie die Schaltfläche `Manuell`, um zum `Move-Tab` zu gelangen, wo der Roboter manuell bewegt werden kann. Dies ist nur erforderlich, wenn die Bewegung in der Animation nicht bevorzugt wird.

12.5 Installation → Laden/Speichern



Die Roboterinstallation deckt alle Aspekte dessen ab, wie der Roboterarm und das Steuergerät in ihrem Arbeitsumfeld platziert werden. Dies beinhaltet die mechanische Befestigung des Roboterarms, die elektrischen Verbindungen zu anderen Geräten sowie alle Optionen, von denen das Roboterprogramm abhängt. Es beinhaltet jedoch nicht das Programm selbst.

Diese Einstellungen können mithilfe der verschiedenen Bildschirme unter dem Tab `Installation` vorgenommen werden. Einstellungen für die E/A-Domänen werden im Tab `E/A` gemacht (siehe 12.2).

Es ist möglich, mehr als eine Installationsdatei für den Roboter zu haben. Programme werden die aktive Installation verwenden und diese Installation automatisch laden, wenn sie verwendet werden.

Alle Änderungen an einer Installation müssen gespeichert werden, um nach dem Herunterfahren erhalten zu bleiben. Wenn es während der Installation nicht gespei-



cherte Änderungen gibt, wird ein Diskettensymbol neben dem `Laden/Speichern`-Text auf der linken Seite des Tab `Installation` angezeigt.

Eine Installation kann durch Drücken der Tasten `Speichern` oder `Speichern als...` gespeichert werden. Alternativ wird die aktive Installation durch das Speichern eines Programms gespeichert. Nutzen Sie die Taste `Laden`, um eine andere Installationsdatei zu laden. Die Taste `Neu erstellen` setzt alle Einstellungen in der Roboterinstallation auf Werkstandard zurück.



VORSICHT:
Die Verwendung des Roboters mit einer von einem USB-Laufwerk geladenen Installation wird nicht empfohlen. Um eine Installation, die auf einem USB-Laufwerk gespeichert ist, auszuführen, laden Sie sie zuerst und speichern Sie sie dann im lokalen Ordner `Programme` mithilfe der Schaltfläche `Speichern als...`.

12.6 Installation → TCP-Konfiguration



Ein *Tool Center Point* (TCP) ist ein charakteristischer Punkt auf dem Roboterwerkzeug. Auf diesem Bildschirm können mehrere benannte TCPs festgelegt werden. Jeder TCP enthält eine Verschiebung und Drehung bezogen auf die Mitte des Werkzeugausgangsflansch (siehe Informationen auf den Bildschirmgrafiken). Die Positionskoordinaten, `X`, `Y` und `Z` bestimmen die Position eines TCP, während `RX`, `RY` und `RZ` seine Ausrichtung angeben. Wenn alle angegebenen Werte Null sind, fällt der TCP mit dem Mittelpunkt des Werkzeugausgangsflanschs zusammen und nimmt das an der rechten Seite des Bildschirms dargestellte Koordinatensystem an.

12.6.1 Hinzufügen, Ändern und Entfernen von TCPs

Um einen neuen TCP zu definieren, drücken Sie die Taste `Neu`. Der so erstellte TCP erhält dann automatisch einen eineindeutigen Namen und wird im Dropdown-Menü ausgewählt.

Die Verschiebung und Rotation des gewählten TCP kann durch Antippen der jeweiligen weißen Textfelder und Eingabe neuer Werte geändert werden.

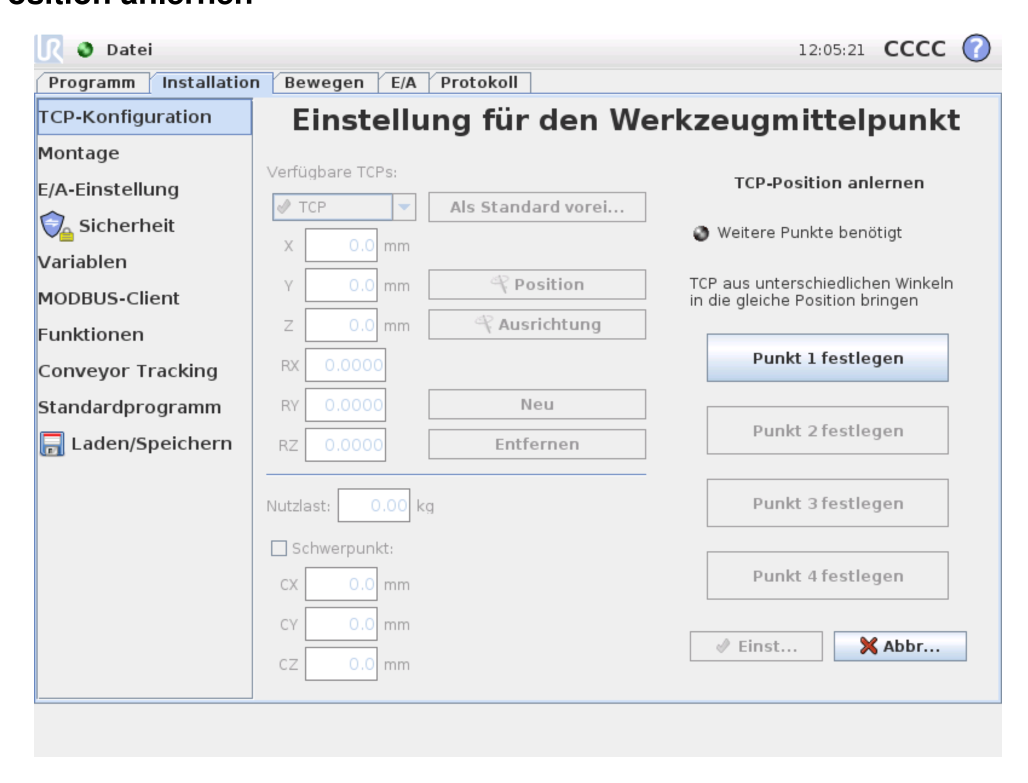
Um den ausgewählten TCP zu entfernen, tippen Sie einfach auf die `Entfernen`-Taste. Der letzte verbleibende TCP kann nicht gelöscht werden.

12.6.2 Standard-TCP und aktiver TCP

Genau einer der konfigurierten TCPs ist der *Standard*-TCP. Der Standard-TCP wird durch ein grünes Symbol links von seinem Namen im TCP-Dropdown-Menü markiert. Um den aktuell ausgewählten TCP als Standard festzulegen, drücken Sie die Taste `Als Standard festlegen`.

Ein TCP-Ausgleich wird immer als der *aktive* verwendet, um alle linearen Bewegungen im kartesischen Raum zu bestimmen. Im Übrigen ist die Bewegung des aktiven TCP im Grafik-Tab veranschaulicht (siehe 13.27). Bevor ein Programm gestartet oder ausgeführt wird, wird der Standard-TCP auf „aktiv" gesetzt. Innerhalb eines Programms kann jeder der angegebenen TCPs für eine bestimmte Bewegung des Roboters als aktiv gesetzt werden (siehe 13.5 und 13.10).

12.6.3 TCP-Position anlernen



TCP-Positionskoordinaten können wie folgt automatisch berechnet werden:

1. Tippen Sie auf die Taste `Position`.

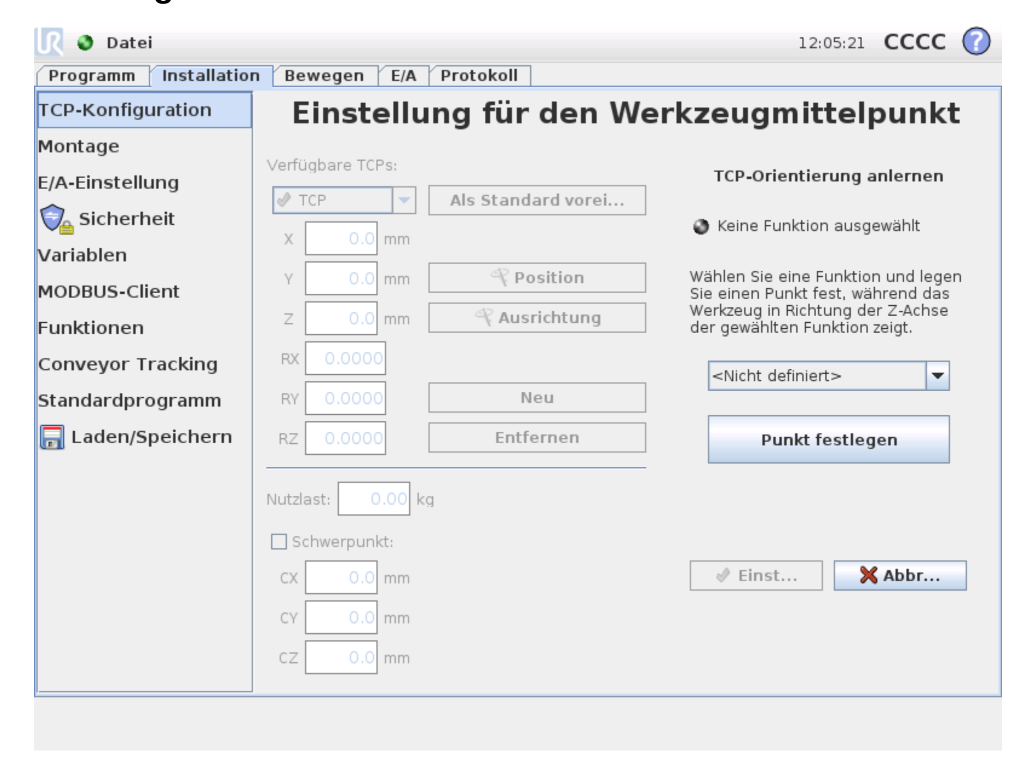


2. Wählen Sie einen festen Punkt im Arbeitsbereich des Roboters.
3. Verwenden Sie die Schaltflächen auf der rechten Seite des Bildschirms, um den TCP aus mindestens drei verschiedenen Winkeln an den gewählten Punkt zu bewegen und um die entsprechenden Positionen des Werkzeugausgangsflansch zu speichern.
4. Überprüfen Sie die berechneten TCP-Koordinaten und übertragen Sie sie auf den ausgewählten TCP mithilfe der `Einstellen`-Taste.

Beachten Sie, dass die Positionen ausreichend vielfältig sein müssen, damit die Berechnung korrekt funktioniert. Sind sie es nicht, leuchtet eine rote Status-LED über den Tasten.

Obwohl drei Positionen in der Regel ausreichend sind, um den richtigen TCP zu bestimmen, kann die vierte Position dazu beitragen, sicherzustellen, dass die Berechnung korrekt ist. Die Qualität jedes gespeicherten Punktes in Bezug auf den berechneten TCP wird mit einer grünen, gelben oder roten LED auf der jeweiligen Taste signalisiert.

12.6.4 TCP-Ausrichtung anlernen



Die TCP-Ausrichtung kann wie folgt automatisch berechnet werden:

1. Tippen Sie auf die Taste `Ausrichtung`.
2. Wählen Sie eine Funktion aus der Dropdown-Liste. Für weitere Informationen darüber, wie neue Funktionen definiert werden können, siehe 12.12.
3. Verwenden Sie die Schaltfläche unten, um zu einer Position zu gehen, in der die Ausrichtung des Werkzeugs entsprechend dem TCP mit dem Koordinatensystem der ausgewählten Funktion übereinstimmt.

4. Überprüfen Sie die berechnete TCP-Ausrichtung und übertragen Sie sie auf den ausgewählten TCP mithilfe der `Einstellen`-Taste.

12.6.5 Nutzlast

Das Gewicht des Roboterwerkzeugs ist im unteren Teil des Bildschirms angezeigt. Um diese Einstellung zu ändern, tippen Sie einfach in das weiße Textfeld und geben Sie ein neues Gewicht ein. Die Einstellung gilt für alle definierten TCPs.

12.6.6 Schwerpunkt

Der Schwerpunkt des Werkzeugs kann optional unter Verwendung der Felder `CX`, `CY` und `CZ` angegeben werden. Der Werkzeug-Mittelpunkt wird als der Schwerpunkt angenommen, solange nichts anderes angegeben wurde. Die Einstellung gilt für alle definierten TCPs.



WARNUNG:
Vergewissern Sie sich, dass Sie die korrekten Installationseinstellungen verwenden. Speichern und laden Sie die Installationsdateien zusammen mit dem Programm.

12.7 Installation → Montage



Hier kann die Montage des Roboterarms vorgegeben werden. Dies dient zwei Zwecken:

1. Die richtige Darstellung des Roboterarms auf dem Bildschirm.
2. Das Steuergerät wird über die Richtung der Gravitationskraft informiert.

Das Steuergerät verwendet ein erweitertes Dynamikmodell, um dem Roboterarm fließende und genaue Bewegungen zu verleihen und den Roboterarm im *Freedrive*-Modus zu belassen. Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, dass die Montage des Roboterarms korrekt eingestellt ist.



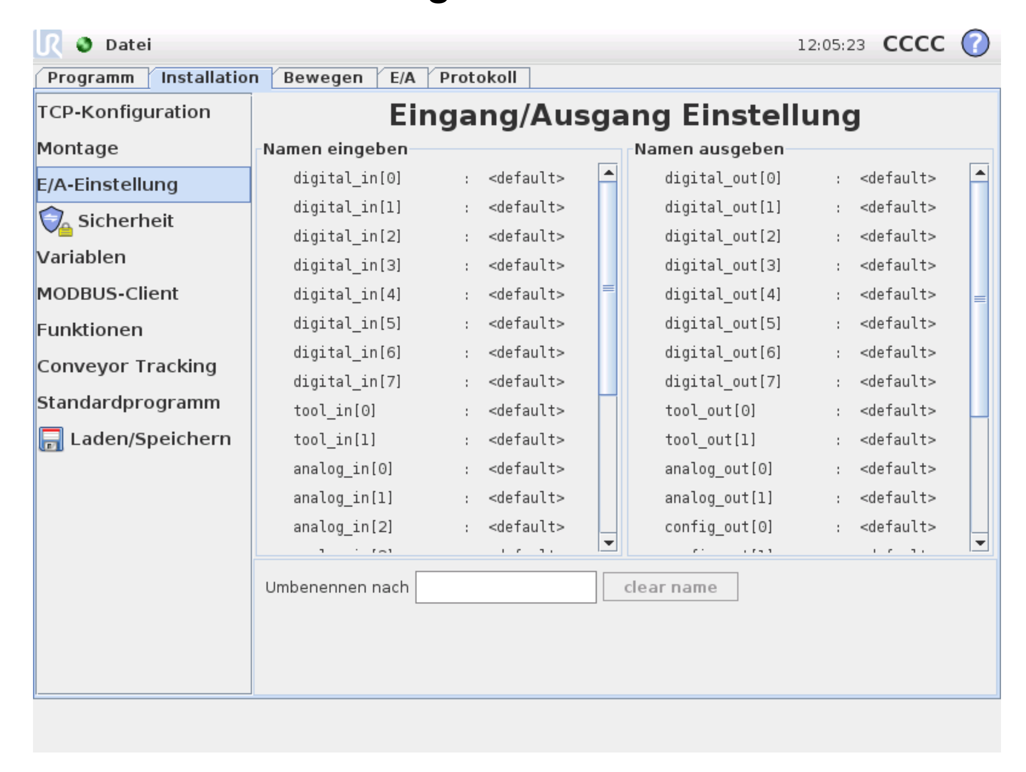
WARNUNG:
Wenn die Einstellungen des Roboterarms nicht richtig durchgeführt wurden, kann dies zu häufigen Schutzstopps führen und/oder eine Bewegung des Roboterarms beim Drücken der Freedrive-Taste zur Folge haben.

Standardmäßig wird der Roboterarm auf einem flachen Tisch oder Untergrund montiert, wobei keine Änderungen in diesem Bildschirm erforderlich werden. Wenn der Roboterarm jedoch *an der Decke*, *an der Wand* oder in einem Winkel montiert wird, muss dies mithilfe der Tasten angepasst werden. Die Schaltflächen auf der rechten Seite des Bildschirms dienen der Einstellung des Winkels der Roboterarmmontage. Die drei Schaltflächen auf der rechten oberen Seite stellen den Winkel für *Decke* (180°), *Wand* (90°), *Boden* (0°). Die Schaltflächen `Neigen` können zur Einstellung eines willkürlichen Winkels eingesetzt werden. Die Schaltflächen im unteren Teil des Bildschirms werden zur Drehung der Montage des Roboterarms eingesetzt, um der eigentlichen Montage zu entsprechen.



WARNUNG:
Vergewissern Sie sich, dass Sie die korrekten Installationseinstellungen verwenden. Speichern und laden Sie die Installationsdateien zusammen mit dem Programm.

12.8 Installation → E/A-Einstellung



Eingangs- und Ausgangssignalen können Namen gegeben werden. So ist es bei der Arbeit mit dem Roboter einfacher zu erkennen, wofür das Signal verwendet wird. Wählen Sie einen E/A, indem Sie auf ihn klicken, und legen Sie den Namen über die Bildschirmtastatur fest. Sie können den Namen zurücksetzen, indem Sie nur Leerzeichen eingeben.

Die acht Standard-Digitaleingänge und die beiden Werkzeug-Eingänge sind konfigurierbar, um eine Maßnahme auszulösen. Verfügbare Aktionen umfassen die Möglichkeit, das aktuelle Programm zu starten, zu stoppen, anzuhalten und den `Freedrive` Modus einzuleiten/zu verlassen, wenn das Eingangssignal hoch/niedrig ist (wie die `Freedrive` Taste auf der Rückseite des Teach-Pendant).

Das Standardverhalten von Ausgängen ist, dass ihre Werte erhalten bleiben, auch nachdem ein Programm nicht mehr läuft. Es ist auch möglich, eine Ausgabe mit einem Standardwert zu konfigurieren, der angewendet wird, wenn kein Programm läuft.

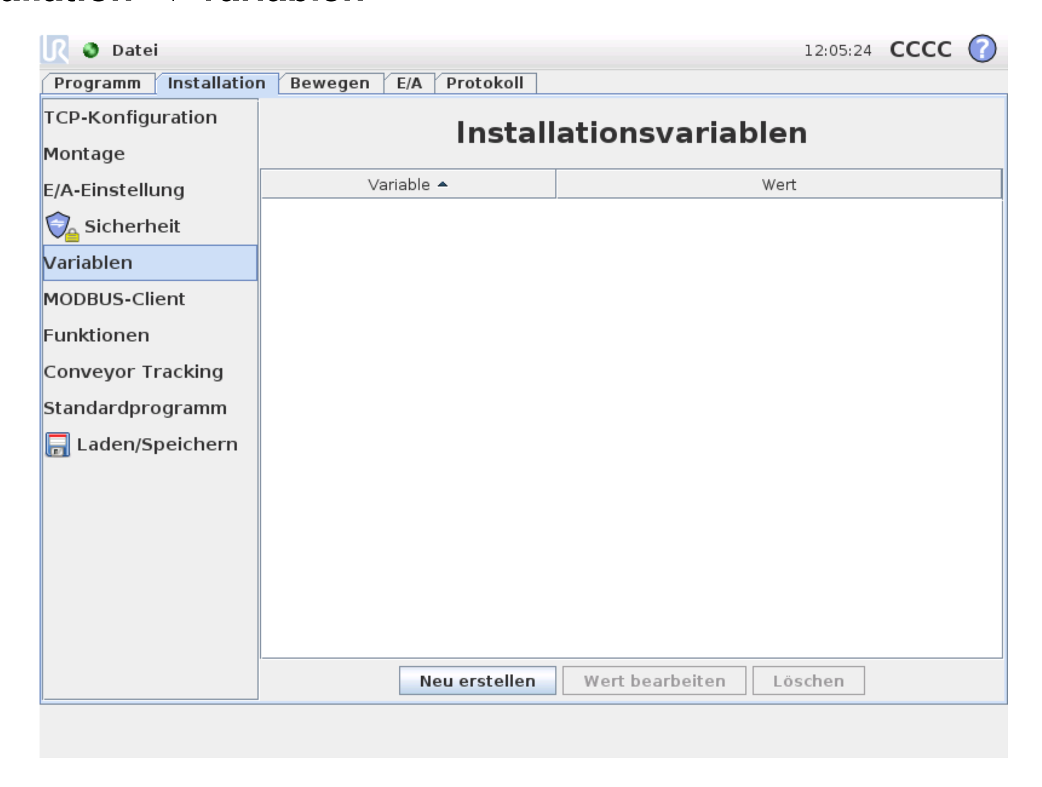
Die acht Standard-Digitalausgänge und die beiden Werkzeug-Ausgänge sind darüber hinaus konfigurierbar, um festzustellen, ob ein Programm gerade ausgeführt wird, d.h. dass der Ausgang hoch ist, wenn ein Programm ausgeführt wird und ansonsten aber niedrig ist.

Es kann zu guter Letzt vorgegeben werden, ob ein Ausgang über die Registerkarte „E/A" gesteuert (entweder durch Programmierer oder Bediener und Programmierer) oder ob der Ausgangswert nur durch Roboterprogramme geändert werden kann.

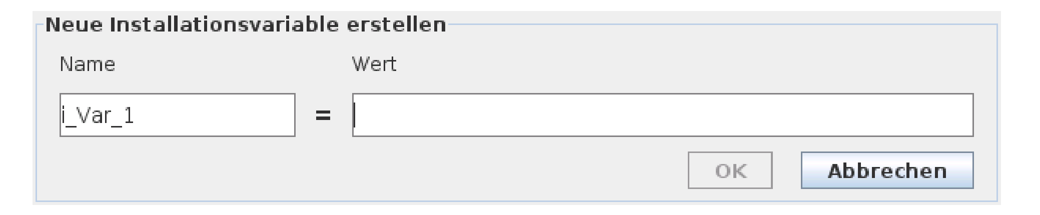
12.9 Installation → Sicherheit

Siehe Kapitel 15.

12.10 Installation → Variablen



Hier erstellte Variablen werden Installationsvariablen genannt und können wie normale Programmvariablen verwendet werden. Installationsvariablen sind speziell, da sie ihren Wert beibehalten, selbst wenn ein Programm gestoppt und dann wieder gestartet wird und wenn der Roboterarm/das Steuergerät aus- und dann wieder eingeschaltet wird. Ihre Namen und Werte werden mit der Installation gespeichert. Deshalb ist es möglich, die gleiche Variable in mehreren Programmen zu verwenden.



Durch Betätigen von `Neu erstellen` wird ein Feld mit einem Namensvorschlag für die neue Variable geöffnet. Der Name kann geändert bzw. sein Wert eingegeben werden, indem das Textfeld berührt wird. Die Taste `OK` kann nur geklickt werden, wenn der neue Name nicht bereits in dieser Installation verwendet wird.

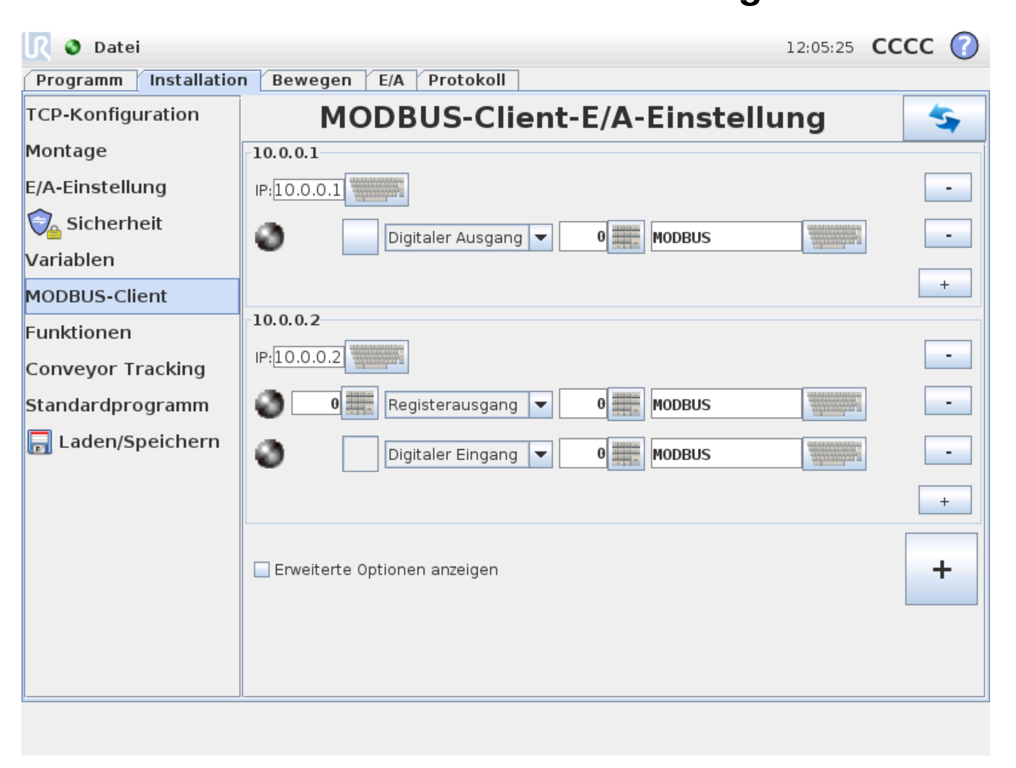
Es ist möglich, den Wert einer Installationsvariable zu ändern, indem die Variable in der Liste markiert und dann auf `Wert bearbeiten` geklickt wird.

Wählen Sie zum Löschen einer Variable diese aus der Liste aus, und klicken Sie auf `Löschen`.

Nach dem Konfigurieren der Installationsvariablen muss die Installation selbst gespeichert werden, um diese Konfiguration beizubehalten. Siehe 12.5. Die Installationsvariablen und deren Werte werden so alle 10 Minuten automatisch gespeichert.

Wenn ein Programm oder eine Installation geladen wird und eine oder mehrere der Programmvariablen denselben Namen wie die Installationsvariablen haben, werden dem Benutzer zwei Optionen zur Behebung dieses Problems angeboten: er kann entweder die Installationsvariablen desselben Namens anstelle der Programmvariable verwenden oder die in Konflikt zueinander stehenden Variablen automatisch umbenennen lassen.

12.11 Installation → MODBUS-Client-E/A-Einstellung



Hier können die Signale des MODBUS-Client (Master) eingestellt werden. Verbindungen zu MODBUS-Servern (oder Slaves) auf angegebenen IP-Adressen können mit Eingangs-/Ausgangssignalen (Registern oder digital) erstellt werden. Jedes Signal hat einen einmaligen Namen, damit es in Programmen verwendet werden kann.

Aktualisieren

Drücken Sie auf diese Schaltfläche, um alle MODBUS-Verbindungen zu aktualisieren.



Einheit hinzu

Drücken Sie auf diese Schaltfläche, um eine neue MODBUS-Einheit hinzuzufügen.

Einheit löschen

Drücken Sie auf diese Schaltfläche, um die MODBUS-Einheit und alle Signale dieser Einheit zu löschen.

Einstellung IP-Adresse Einheit

Hier wird die IP-Adresse der MODBUS-Einheit angezeigt. Drücken Sie auf die Schaltfläche, um diese zu ändern.

Signal hinzu

Drücken Sie auf diese Schaltfläche, um der entsprechenden MODBUS-Einheit ein Signal hinzuzufügen.

Signal löschen

Drücken Sie auf diese Schaltfläche, um ein MODBUS-Signal der entsprechenden MODBUS-Einheit zu löschen.

Signaltyp einstellen

Verwenden Sie dieses Auswahlmenü, um den Signaltyp auszuwählen. Die folgenden Typen stehen zur Verfügung:

- **Digitaleingang:** Ein digitaler Eingang ist eine Ein-Bit-Menge, die von der MODBUS-Einheit an der Spule abgelesen wird, die im Adressfeld des Signals angegeben ist. Funktionscode 0x02 (diskrete Ausgänge lesen) wird eingesetzt.
- **Digitalausgang:** Ein digitaler Ausgang (Spule) ist eine Ein-Bit-Menge, die auf hoch oder niedrig eingestellt werden kann. Bevor der Wert dieses Ausgangs durch den Benutzer eingestellt wurde, wird der Wert von der dezentralen MODBUS-Einheit abgelesen. Das bedeutet, dass der Funktionscode 0x01 (Spulen lesen) verwendet wird. Wenn der Ausgang entweder durch ein Roboterprogramm oder durch Betätigung der Schaltfläche „Signalwert bestimmen" festgelegt wurde, wird ab diesem Zeitpunkt der Funktionscode 0x05 (Einzelne Spule schreiben) eingesetzt.
- **Registereingang:** Ein Registereingang ist eine 16-Bit-Menge, die von der Adresse abgelesen wird, die im Adressfeld angegeben ist. Der Funktionscode 0x04 (Eingangsverzeichnisse lesen) wird eingesetzt.
- **Registerausgang:** Ein Registerausgang ist eine 16-Bit-Menge, die durch den Benutzer eingestellt werden kann. Bevor der Wert dieses Registers eingestellt wurde, wird der Wert von der dezentralen MODBUS-Einheit abgelesen. Das bedeutet, dass der Funktionscode 0x03 (Halteverzeichnisse lesen) verwendet wird. Wenn der Ausgang entweder durch ein Roboterprogramm oder durch

Betätigung der Schaltfläche „Signalwert bestimmen" festgelegt wurde, wird der Funktionscode 0x06 (Einzelnes Register schreiben) eingesetzt, um den Wert auf der dezentralen MODBUS-Einheit festzulegen.

Signaladresse einstellen

Dieses Feld zeigt die Adresse des dezentralen MODBUS-Servers. Verwenden Sie die Bildschirmtastatur, um eine andere Adresse auszuwählen. Gültige Adressen hängen von Hersteller und Konfiguration der dezentralen MODBUS-Einheit ab.

Signalname einstellen

Durch Verwendung der Bildschirmtastatur kann der Benutzer das Signal benennen. Dieser Name wird verwendet, wenn das Signal in Programmen eingesetzt wird.

Signalwert

Hier wird der Istwert des Signals angezeigt. Bei Registersignalen wird der Wert als vorzeichenlose ganze Zahl ausgedrückt. Bei Ausgangssignalen kann der gewünschte Signalwert mit der Schaltfläche eingestellt werden. Für den Registerausgang muss der an die Einheit zu schreibende Wert als vorzeichenlose ganze Zahl bereitgestellt werden.

Status Signalkonnektivität

Dieses Symbol zeigt an, ob das Signal korrekt gelesen/geschrieben (grün) werden kann oder ob die Einheit unerwartet antwortet oder nicht erreichbar ist (grau). Wenn eine MODBUS-Ausnahmeantwort empfangen wird, wird der Antwortcode angezeigt. Die MODBUS-TCP-Ausnahmeantworten lauten wie folgt:

- **E1** UNZULÄSSIGE FUNKTION (0x01): Der in der Abfrage empfangene Funktionscode ist keine zulässige Aktion für den Server (oder Slave).
- **E2** UNZULÄSSIGE DATENADRESSE (0x02): Der in der Abfrage empfangene Funktionscode ist keine zulässige Aktion für den Server (oder Slave). Prüfen Sie, ob die eingegebenen Signaladressen mit der Einstellung des dezentralen MODBUS-Servers übereinstimmen.
- **E3** UNZULÄSSIGER DATENWERT (0x03): Ein im Abfragedatenfeld enthaltener Wert ist für den Server (oder Slave) unzulässig. Prüfen Sie, ob der eingegebene Signalwert für die angegebenen Adressen auf dem dezentralen MODBUS-Server gültig ist.
- **E4** FEHLER IM SLAVE-GERÄT (0x04): Ein nicht wiederherstellbarer Fehler ist aufgetreten, während der Server (oder Slave) versucht hat, die angeforderte Aktion auszuführen.
- **E5** BESTÄTIGEN (0x05): Spezielle Verwendung in Verbindung mit Programmierbefehlen, die an die dezentrale MODBUS-Einheit gesendet werden.
- **E6** SLAVE-GERÄT MOMENTAN NICHT VERFÜGBAR (0x06): Spezielle Verwendung in Verbindung mit Programmierbefehlen, die an die dezentrale MODBUS-Einheit gesendet werden; der Slave (Server) kann im Moment nicht antworten.



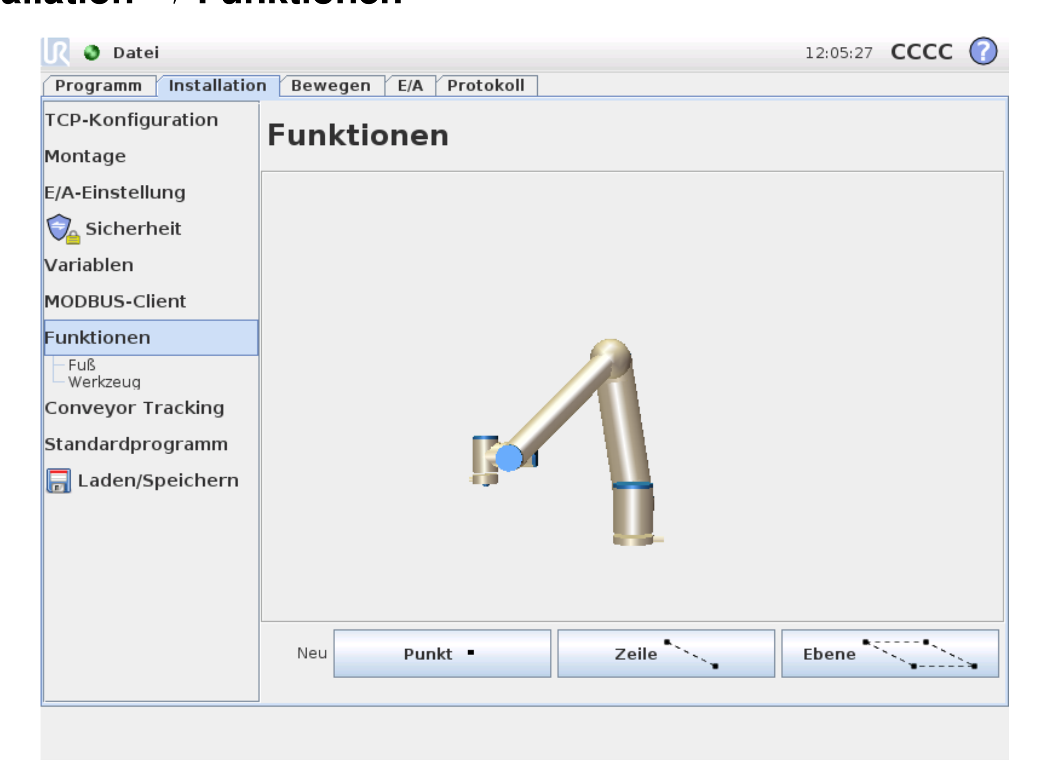
Erweiterte Optionen anzeigen

Dieses Kontrollkästchen zeigt die erweiterten Optionen für jedes Signal bzw. blendet diese aus.

Erweiterte Optionen

- **Update-Häufigkeit:** Mit diesem Menü kann die Aktualisierungsfrequenz des Signals geändert werden. Dies gilt für die Frequenz, mit der Anfragen an das dezentrale MODBUS-Steuergerät geschickt werden, um den Signalwert entweder zu lesen oder zu schreiben.
- **Slave-Adresse:** Dieses Textfeld kann verwendet werden, um eine spezifische Slave-Adresse für Anfragen im Zusammenhang mit einem spezifischen Signal einzustellen. Der Wert muss im Bereich von 0-255 liegen. Der Standardwert ist 255. Wenn Sie diesen Wert ändern, wird empfohlen, das Handbuch des dezentralen MODUS-Geräts zu konsultieren, um seine Funktion zu prüfen, wenn die Slave-Adresse geändert wird.

12.12 Installation → Funktionen



Kunden, die Industrieroboter kaufen, möchten allgemein in der Lage sein, einen Roboterarm zu steuern oder zu betätigen und den Roboterarm in Relation zu verschiedenen Objekten und Grenzen in der Umgebung des Roboterarms zu programmieren, wie beispielsweise Maschinen, Objekte oder Formlinge, Aufsätze, Förderer, Paletten oder Sichtsysteme. Traditionell erfolgt dies durch die Definition von „Rahmen" (Koordinatensysteme), die einen Bezug zwischen dem internen Koordinatensystem des Roboterarms (das grundlegende Koordinatensystem) und dem Koordi-

natensystem des relevanten Objektes herstellen. Ein Bezug kann sowohl zu „Werkzeugkoordinaten" als auch zu „Grundkoordinaten" hergestellt werden.

Ein Problem bei solchen Rahmen ist, dass ein bestimmtes Niveau an mathematischen Kenntnissen erforderlich ist, um solche Koordinatensysteme zu definieren, und dass dies mit erheblichem Zeitaufwand verbunden ist, selbst für einen Fachmann im Bereich Roboterprogrammierung und -installation. Oftmals umfasst diese Aufgabe die Berechnung von 4x4-Grundgerüsten. Insbesondere ist die Darstellung der Ausrichtung für eine Person schwierig, der es an der Erfahrung fehlt, die zum Verstehen dieses Problems erforderlich ist.

Häufig seitens der Kunden gestellte Fragen lauten beispielsweise:

- Ist es möglich, den Roboter um 4 cm vom Greifer meiner computergestützten numerisch gesteuerten (CNC) Maschine wegzubewegen?
- Ist es möglich, das Werkzeug des Roboters um 45 Grad bezogen auf den Tisch zu drehen?
- Können wir den Roboterarm vertikal nach unten mit dem Objekt bewegen, das Objekt loslassen und den Roboterarm anschließend wieder vertikal nach oben bewegen?

Die Bedeutung dieser und ähnlicher Fragen ist für einen durchschnittlichen Kunden sehr unkompliziert, der einen Roboter beispielsweise an verschiedenen Stationen einer Fertigungsanlage einsetzen will, und es erscheint einem Kunden mitunter Nerv tötend oder unverständlich, wenn man diesem erklärt, dass es auf solche *wichtigen* Fragen mitunter keine einfache Antwort gibt. Es gibt mehrere komplizierte Gründe dafür und um diese Probleme anzusprechen, hat Universal Robots einzigartige und einfache Wege entwickelt, mit denen ein Kunde den Standort mehrerer Objekte in Relation zum Roboterarm vorgeben kann. Mit weniger Schritten ist es daher möglich, genau das auszuführen, was in den oben stehenden Fragen gefragt wurde.

Umbenennen

Diese Schaltfläche ermöglicht die Umbenennung einer Funktion.

Löschen

Diese Schaltfläche löscht die ausgewählte Funktion und alle Unterfunktionen, sofern vorhanden.

Achsen zeigen

Wählen Sie, ob die Koordinatenachsen der ausgewählten Funktion in der 3D-Grafik sichtbar sein sollen. Die Auswahl gilt für diesen Bildschirm und den Move-Bildschirm.

Tippbetrieb

Wählen Sie, ob ein Tippbetrieb für die gewählte Funktion möglich sein soll. Dadurch wird festgelegt, ob die Funktion im Funktionsmenü auf dem Move-Bildschirm angezeigt wird.



Variable

Wählen Sie, ob das ausgewählte Merkmal als Variable eingesetzt werden kann. Wenn diese Option gewählt ist, wird eine nach dem Namen des Merkmals benannte Variable gefolgt von „_var" bei der Bearbeitung von Roboterprogrammen verfügbar und dieser Variablen kann ein neuer Wert in einem Programm zugewiesen werden, der dann zur Steuerung von Wegpunkten eingesetzt werden kann, die vom Wert des Merkmals abhängig sind.

Position einstellen oder ändern

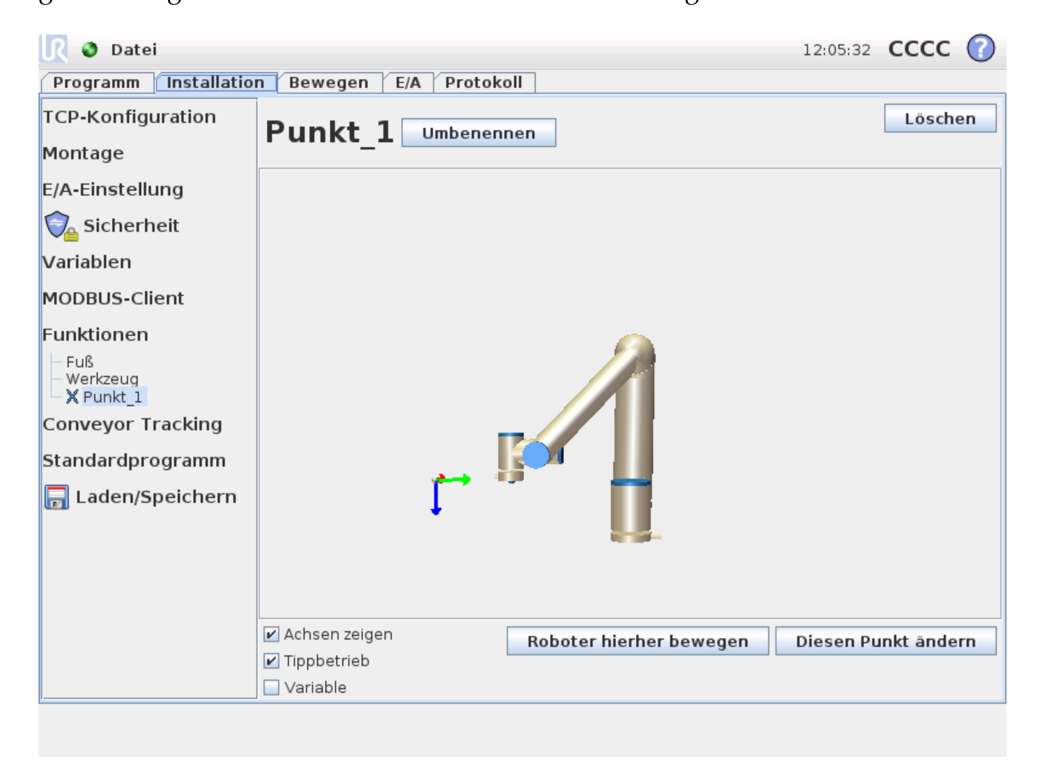
Verwenden Sie diese Schaltfläche, um die ausgewählte Funktion einzustellen oder zu ändern. Der Move-Bildschirm erscheint und eine neue Position der Funktion kann eingestellt werden.

Roboter auf Funktion bewegen

Wenn Sie diese Schaltfläche betätigen, bewegt sich der Roboterarm in Richtung der ausgewählten Funktion. Am Ende dieser Bewegung stimmen die Koordinatensysteme der Funktion und des TCP überein, ausgenommen einer Drehung um 180 Grad um die x-Achse.

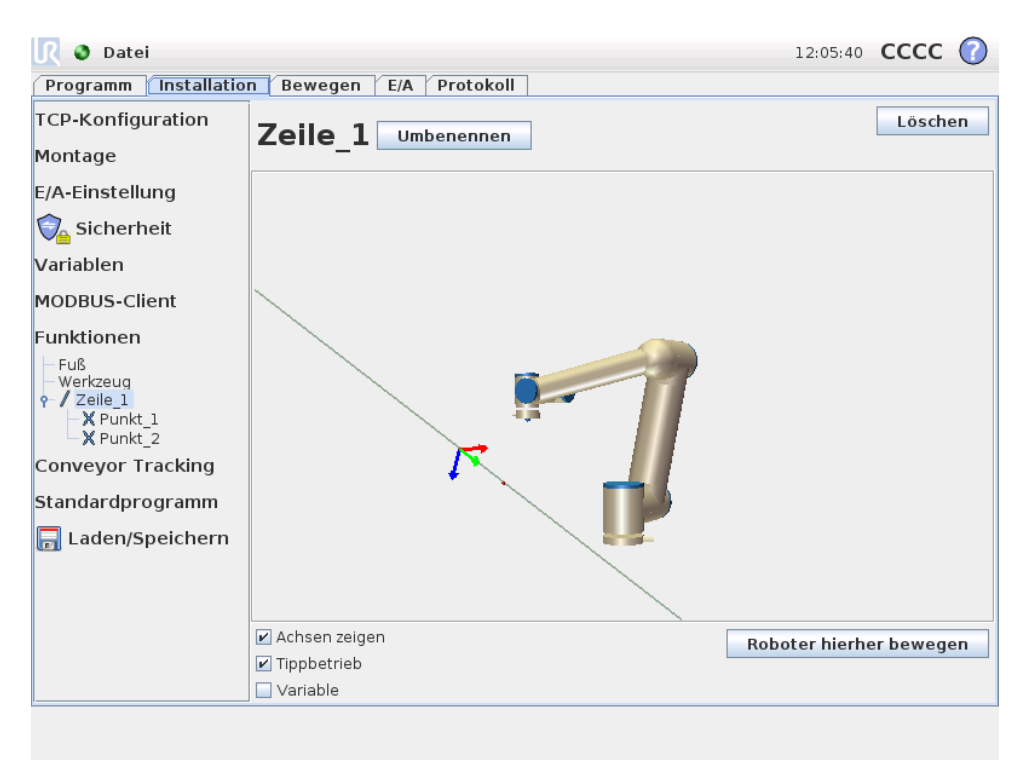
Punkt hinzufügen

Betätigen Sie diese Schaltfläche, um eine Punktfunktion zur Installation hinzuzufügen. Die Position einer Punktfunktion wird als die Position des TCP dieses Punktes definiert. Die Ausrichtung der Punktfunktion ist dieselbe wie die TCP-Ausrichtung, mit der Ausnahme, dass das Koordinatensystem der Funktion um 180 Grad um seine x-Achse gedreht ist. Dadurch ist die z-Achse der Punktfunktion in die Gegenrichtung zur z-Achse des TCP an diesem Punkt ausgerichtet.



Linie hinzufügen

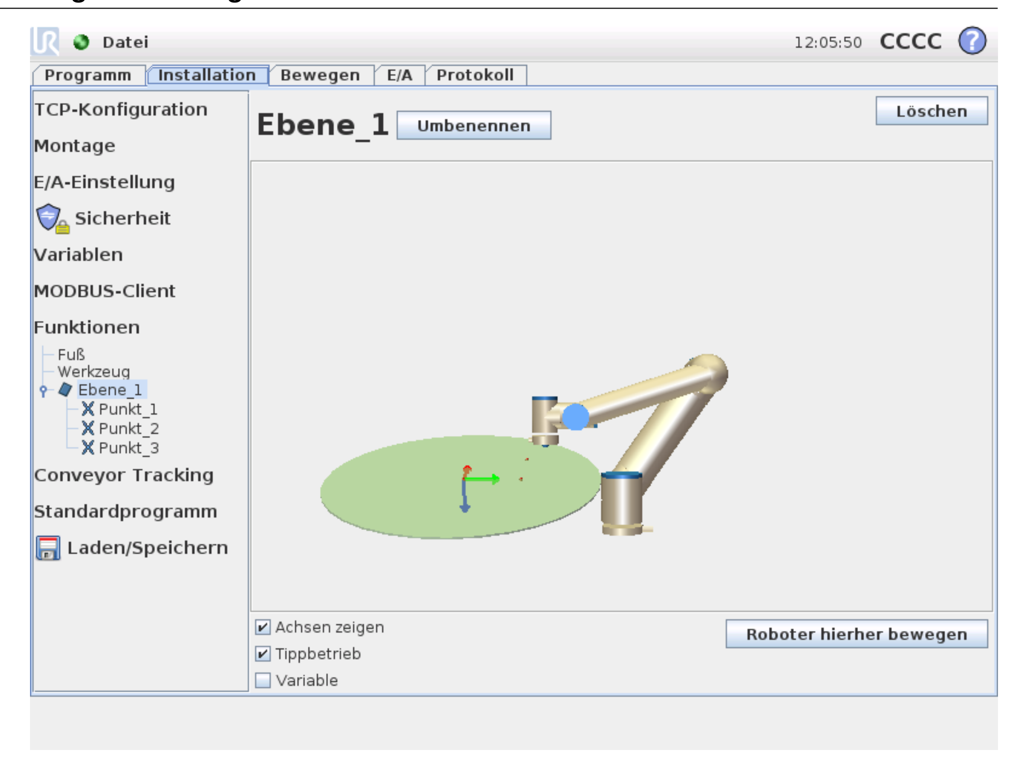
Betätigen Sie diese Schaltfläche, um eine Linienfunktion zur Installation hinzuzufügen. Eine Linie ist als eine Achse zwischen zwei Punktfunktionen definiert. Diese Achse ist vom ersten zum zweiten Punkt gerichtet und beschreibt die y-Achse des Koordinatensystems der Linie. Die z-Achse wird durch die Projektion der z-Achse des ersten Unterpunktes auf die senkrecht auf der Linie stehende Ebene definiert. Die Position des Koordinatensystems der Linie ist dieselbe wie die Position für den ersten Unterpunkt.



Ebene hinzufügen

Betätigen Sie diese Schaltfläche, um eine Ebenenfunktion zur Installation hinzuzufügen. Eine Ebene ist durch drei Unterpunktfunktionen definiert. Die Position des Koordinatensystems ist dieselbe wie die Position für den ersten Unterpunkt. Die Z-Achse ist die Ebenennormale und die Y-Achse verläuft vom ersten Punkt in Richtung des zweiten Punktes. Die positive Richtung der Z-Achse ist so eingestellt, dass der Winkel zwischen der Z-Achse der Ebene und der Z-Achse des ersten Punktes kleiner als 180 Grad ist.





12.13 Förderer-Tracking-Einrichtung

Bei Verwendung eines Förderers kann der Roboter dafür konfiguriert werden, die Bewegung und Geschwindigkeit des Förderers im Verhältnis zum Tool Center Point (TCP) nachzuverfolgen. Die Förderer-Tracking-Einrichtung bietet Einstelloptionen für den Roboter zur Zusammenarbeit mit etlichen bekannten Förderern.

Förderer-Parameter

Das Tracking des Förderers geschieht durch die Registrierung von 1 oder 2 Eingängen auf der Basis des Encoder-Typs und des `Modus`. Für 1 oder 2 digitale Eingänge kann ein `stufenweiser` Typ zusammen mit dem entsprechenden Eingangsmodus verwendet werden. Die Auswahl von `Quadratur` benötigt zwei Eingänge, mit denen die Richtung des Förderers auf einer feineren Steuerungsebene gelesen werden können. Wenn die Richtung konstant ist, kann ein einzelner Eingang basierend auf dem `Anstieg`, `Abfall` oder beides, `Anstieg und Abfall` der digitalen Signalflanke konfiguriert werden.

Bei Verwendung eines MODBUS-Signals für das Bewegungs-Tracking, kann der `Absolut`-Encoder-Typ verwendet werden. Dies macht erforderlich, dass ein digitaler MODBUS-Eingang im 12.11 vorkonfiguriert ist.

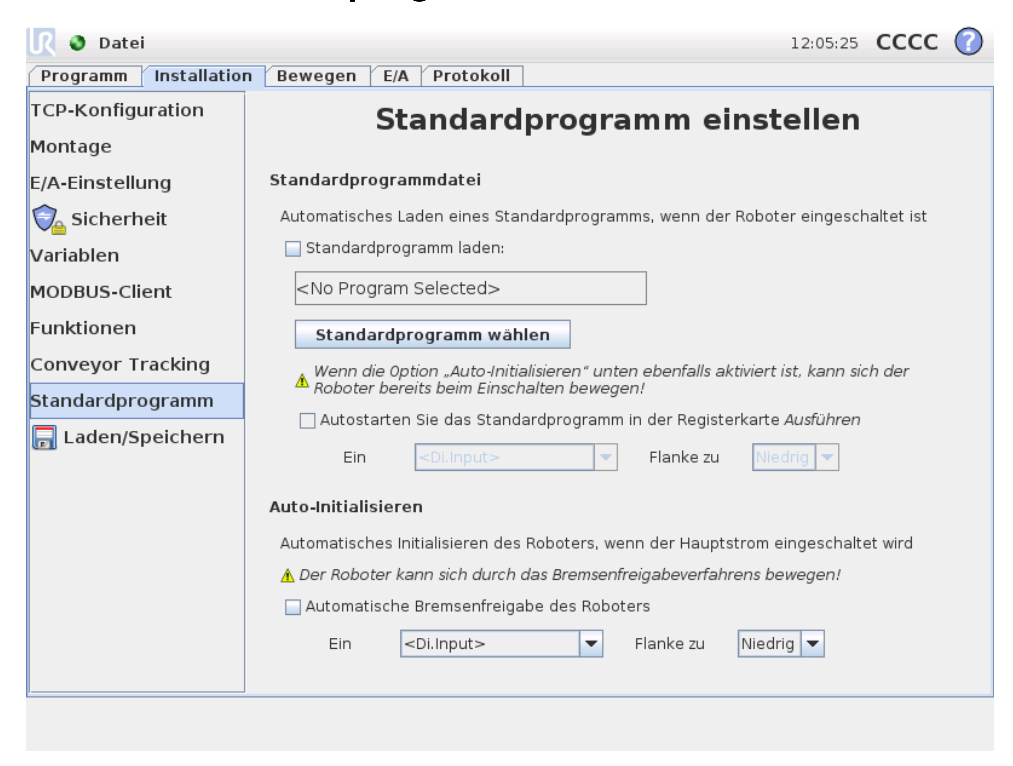
Tracking-Parameter

Der Fördertyp kann zwischen linear und kreisförmig gewählt werden. Wenn ein linearer Förderer ausgewählt wurde, kann eine Linienfunktion konfiguriert werden, die parallel zum Förderer verläuft. Bei einem kreisförmigen Fördertyp wird der Mittelpunkt des Förderers (Kreis) festgelegt.

Hinweis: Im Falle eines lineareren Förderers wird empfohlen, die Linienfunktion mittels der Seite des Förderers zu konfigurieren und dabei das Werkzeug fest dagegen zu stemmen. Dies sorgt für einen genaueren Messwert der Richtung, in die sich das Werkzeug bewegen muss.

Basierend auf der Geschwindigkeit des Förderers und dem Gerät, das verwendet wird, um Drehungen zu erfassen, kann die Anzahl der Passmarken festgelegt werden.

12.14 Installation → Standardprogramm



Dieser Bildschirm enthält Einstellungen für das automatische Laden und Starten eines Standardprogramms und für die Auto-Initialisierung des Roboterarms beim Einschalten.



WARNUNG:
Wenn die drei Optionen Auto-Laden, Auto-Start und Auto-Initialisieren aktiviert sind, wird der Roboter mit der Ausführung des ausgewählten Programms beginnen, sobald das Steuergerät eingeschaltet wird.

12.14.1 Laden eines Standardprogramms

Ein Standardprogramm kann ausgewählt werden, das geladen werden soll, wenn das Steuergerät eingeschaltet wird. Darüber hinaus wird das Standardprogramm auch automatisch geladen, wenn der Bildschirm *Programm ausführen* (siehe 10.3) geöffnet wird und kein Programm geladen ist.

12.14.2 Starten eines Standardprogramms

Das Standardprogramm kann auf dem Bildschirm *Programm ausführen* automatisch gestartet werden. Wenn das Standardprogramm geladen wird und der spezifizierte Flankenübergang eines externen Eingangssignals erkannt wird, wird das Programm automatisch gestartet.

Bitte beachten Sie, dass beim Start die Ebene des Stromeingangssignals nicht definiert ist und das Programm sofort gestartet wird, sobald ein Übergang gewählt wurde, der der Signalebene beim Start entspricht. Darüber hinaus wird die Auto-Startfunktion beim Verlassen des Bildschirms *Programm ausführen* oder beim Drücken der Stopptaste im *Dashboard* deaktiviert, bis die Taste „Ausführen" noch einmal gedrückt wird.

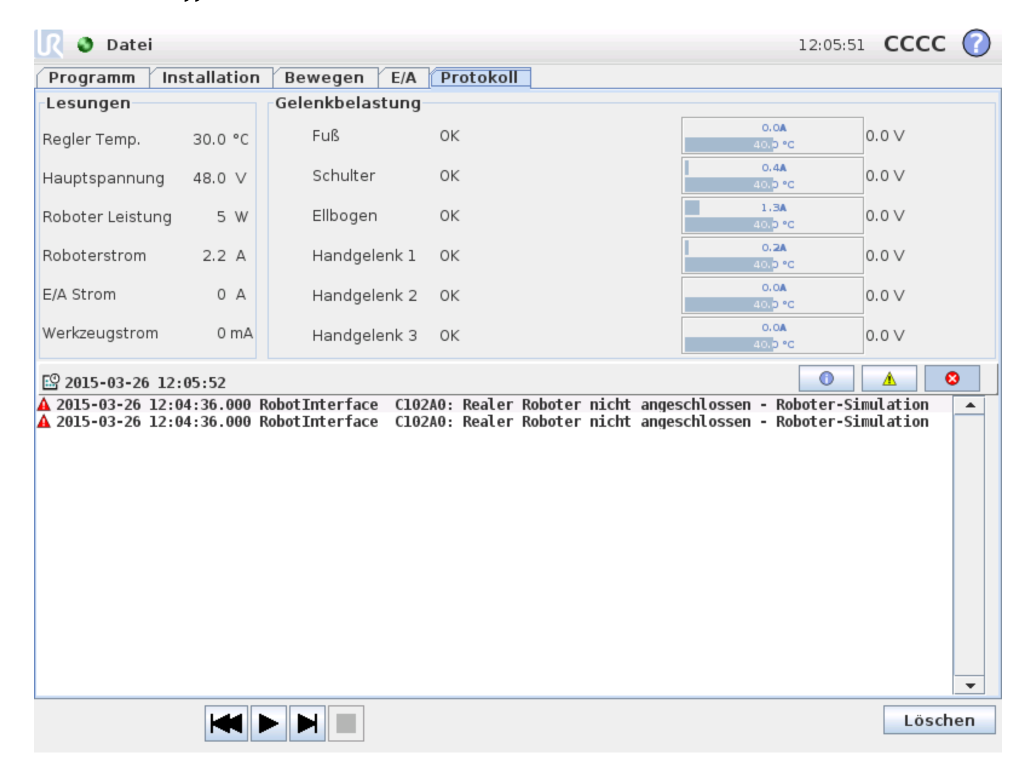
12.14.3 Auto-Initialisierung

Der Roboterarm kann automatisch initialisiert werden, zum Beispiel wenn das Steuergerät eingeschaltet ist. Auf dem spezifizierten Flankenübergang eines externen Eingangssignals wird der Roboterarm vollständig initialisiert, unabhängig vom sichtbaren Bildschirm.

Der letzte Schritt der Initialisierung ist die *Bremsenfreigabe*. Wenn der Roboter die Bremsen freigibt, bewegt er sich leicht und gibt ein Geräusch von sich. Darüber hinaus können die Bremsen nicht automatisch freigegeben werden, wenn die konfigurierte Montage nicht der erkannten Montage basierend auf den Sensordaten entspricht. In diesem Fall muss der Roboter auf dem Initialisierungsbildschirm manuell initialisiert werden (siehe 10.4).

Bitte beachten Sie, dass beim Start die Ebene des Stromeingangssignals nicht definiert ist und der Roboterarm sofort initialisiert wird, sobald ein Übergang gewählt wurde, der der Signalebene beim Start entspricht.

12.15 Registerkarte „Protokoll”



Gesundheit des Roboters Die obere Hälfte des Bildschirms zeigt die Gesundheit des Roboterarms und des Steuergeräts an. Der linke Teil zeigt Informationen im Zusammenhang mit dem Steuergerät des Roboters, während der linke Teil Informationen zu jedem Robotergelenk anzeigt. Jedes Robotergelenk zeigt Informationen über die Motortemperatur und zur Elektronik, zur Belastung des Gelenkes und zur Spannung am Gelenk.

Roboterprotokoll In der unteren Hälfte des Bildschirms werden Protokollmeldungen angezeigt. Die erste Spalte kategorisiert den Schweregrad des Protokolleintrags. Die zweite Spalte zeigt die Eingangszeit einer Meldung. Die folgende Spalte zeigt den Sender einer Meldung. Die letzte Spalte zeigt die eigentliche Meldung. Meldungen können durch Auswahl der Schaltflächen, die zu dem Schweregrad gehören, gefiltert werden. Die Abbildung oben zeigt nun, dass Fehler angezeigt werden, während Informations- und Warnmeldungen gefiltert werden. Einige Protokollmeldungen sind darauf ausgelegt, weitere Informationen zu bieten, auf die durch Auswahl des Protokolleintrags zugegriffen werden kann.

12.16 Bildschirm „Laden”

Mithilfe dieses Bildschirms wählen Sie, welches Programm Sie laden wollen. Es gibt zwei Versionen dieses Bildschirms: eine, die verwendet wird, wenn Sie ein Programm laden und ausführen möchten und eine, die verwendet wird, wenn Sie ein Programm bearbeiten möchten.



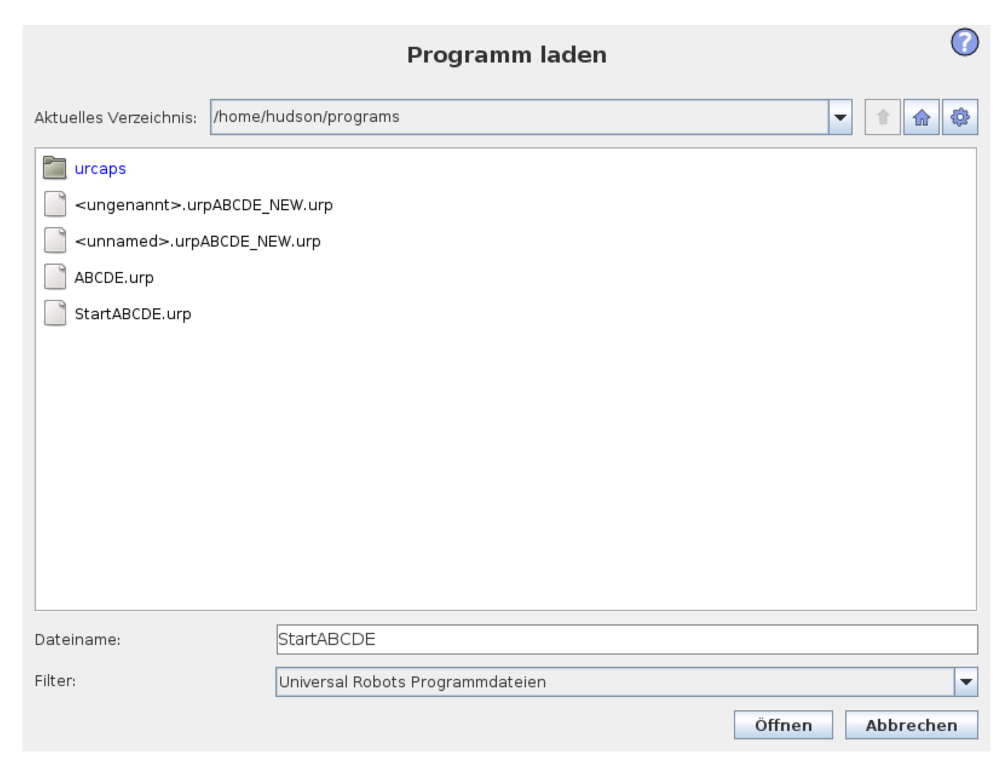


HINWEIS:
Das Ausführen eines Programms von einem USB-Laufwerk aus wird nicht empfohlen. Um ein Programm, das auf einem USB-Laufwerk gespeichert ist, auszuführen, laden Sie es zuerst und speichern Sie es dann im lokalen Ordner `Programme` mithilfe der Option `Speichern als...` im Menü `Datei`.

Der Hauptunterschied liegt darin, welche Aktionen dem Benutzer zur Verfügung stehen. Im Grundbildschirm „Laden” kann der Benutzer lediglich auf Dateien zugreifen, sie jedoch nicht bearbeiten oder löschen. Weiterhin kann der Benutzer die Verzeichnisstruktur, die vom Ordner `Programme` ausgeht, nicht verlassen. Der Benutzer kann in ein Unterverzeichnis wechseln, aber er kann nicht über den Ordner `Programme` hinaus gelangen.

Deshalb sind alle Programme in den Ordner „Programme” und/oder in Unterordner unter dem Ordner „Programme” zu speichern.

Layout des Bildschirmes



Die Abbildung zeigt den eigentlichen Bildschirm Laden. Er besteht aus den folgenden wichtigen Bereichen und Schaltflächen:

Pfadgeschichte Die Pfadgeschichte zeigt eine Liste der Pfade, die zum aktuellen Ort führen. Das bedeutet, dass alle übergeordneten Verzeichnisse bis zum Root-Verzeichnis des Computers angezeigt werden. Sie werden hier feststellen, dass Sie vielleicht nicht auf alle Verzeichnisse über dem Ordner „Programme” zugreifen können.

Wenn in der Liste ein Ordnername ausgewählt wird, wechselt der Ladedialog zu diesem Verzeichnis und zeigt es im Dateiauswahlbereich 12.16 an.

Dateiauswahlbereich In diesem Bereich des Dialogfensters werden die Inhalte des eigentlichen Bereiches angezeigt. Es gibt dem Benutzer die Möglichkeit, eine Datei durch einfachen Klick auf ihren Namen auszuwählen oder eine Datei durch Doppelklick auf ihren Namen zu öffnen.

Wenn der Benutzer doppelt auf ein Verzeichnis klickt, wechselt das Dialogfenster in diesen Ordner und zeigt die Inhalte an.

Dateifilter Durch die Verwendung des Dateifilters kann man die angezeigten Dateien so begrenzen, dass nur die gewünschten Dateitypen angezeigt werden. Durch Auswahl von „Backup-Dateien” erscheint die Anzeige des Dateiauswahlbereichs der neuesten 10 gespeicherten Versionen der einzelnen Programme, wobei `.old0` die neueste und `.old9` die älteste ist.

Dateifeld Hier wird die aktuell ausgewählte Datei angezeigt. Der Benutzer hat die Option, den Dateinamen per Hand einzugeben, indem er auf das Tastatursymbol rechts auf dem Feld klickt. Dadurch wird eine Bildschirmtastatur angezeigt, mit der man den Dateinamen direkt auf dem Bildschirm eingeben kann.

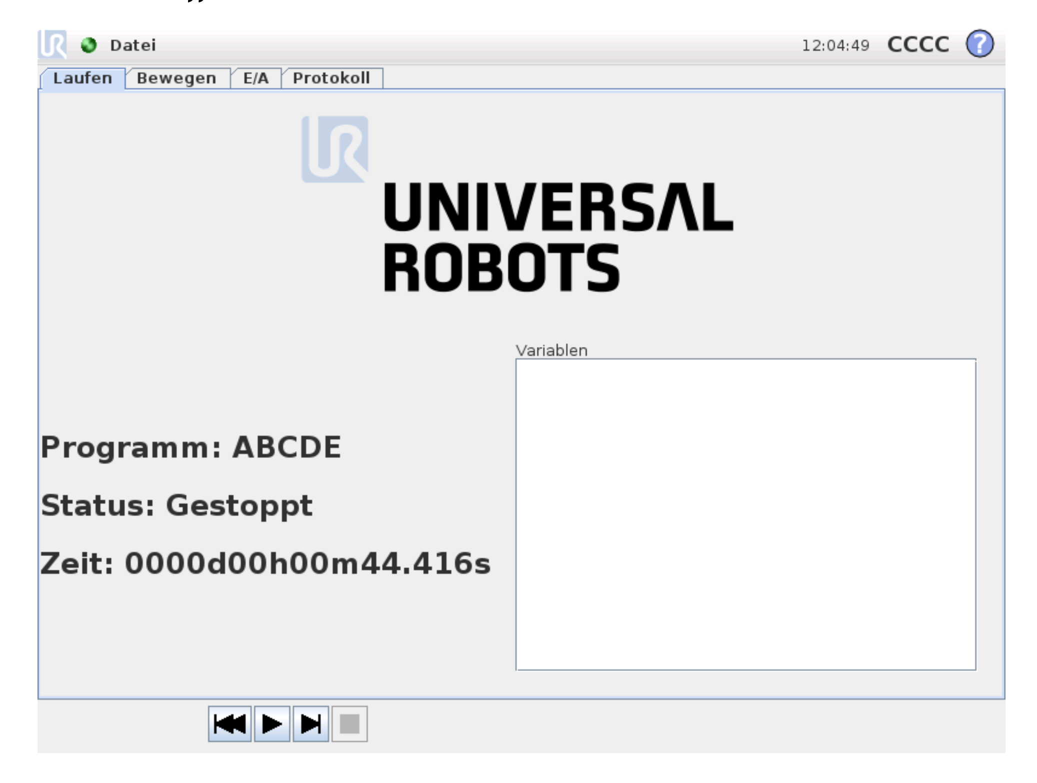
Schaltfläche „Öffnen” Durch Anklicken der Schaltfläche „Öffnen” öffnet sich die aktuell ausgewählte Datei und das System kehrt zum vorhergehenden Bildschirm zurück.

Schaltfläche „Abbrechen” Durch Anklicken der Schaltfläche „Abbrechen” wird der aktuelle Ladevorgang abgebrochen und der Bildschirm wechselt auf die vorhergehende Ansicht.

Aktionsschaltflächen Eine Reihe von Schaltflächen bietet dem Benutzer die Möglichkeit, die Handlungen vorzunehmen, die in der Regel durch Rechtsklick auf einen Dateinamen in einem herkömmlichen Dateidialog verfügbar sind. Zusätzlich gibt es die Möglichkeit zum Wechsel nach oben in die Verzeichnisstruktur und direkt in den Ordner „Programme”.

- Parent: Wechsel nach oben in der Verzeichnisstruktur. Die Schaltfläche ist in zwei Fällen nicht aktiviert: wenn das aktuelle Verzeichnis das oberste Verzeichnis ist oder wenn der Bildschirm im begrenzten Modus läuft und das aktuelle Verzeichnis der Ordner „Programm” ist.
- Gehe zu Ordner „Programme”: Zum Ausgangsbildschirm zurück
- Aktionen: Aktionen wie beispielsweise Verzeichnis erstellen, Datei löschen, usw.

12.17 Registerkarte „Laufen”



Diese Registerkarte bietet einen sehr einfachen Weg zur Bedienung des Roboterarms und des Steuergeräts, mit so wenig Schaltflächen und Optionen wie möglich. Dies kann sinnvoll mit einem Passwort kombiniert werden, das den Programmierteil von PolyScope schützt (siehe 14.3), um den Roboter zu einem Werkzeug zu machen, das ausschließlich vorher geschriebene Programme ausführt.

Weiterhin kann in dieser Registerkarte, basierend auf dem Flankenübergang eines externen Eingangssignals, ein Standardprogramm automatisch geladen und gestartet werden (siehe 12.14). Die Kombination von automatischem Laden und Starten eines Standardprogramms und der Auto-Initialisierung beim Einschalten kann beispielsweise verwendet werden, um den Roboterarm in andere Maschinen zu integrieren.

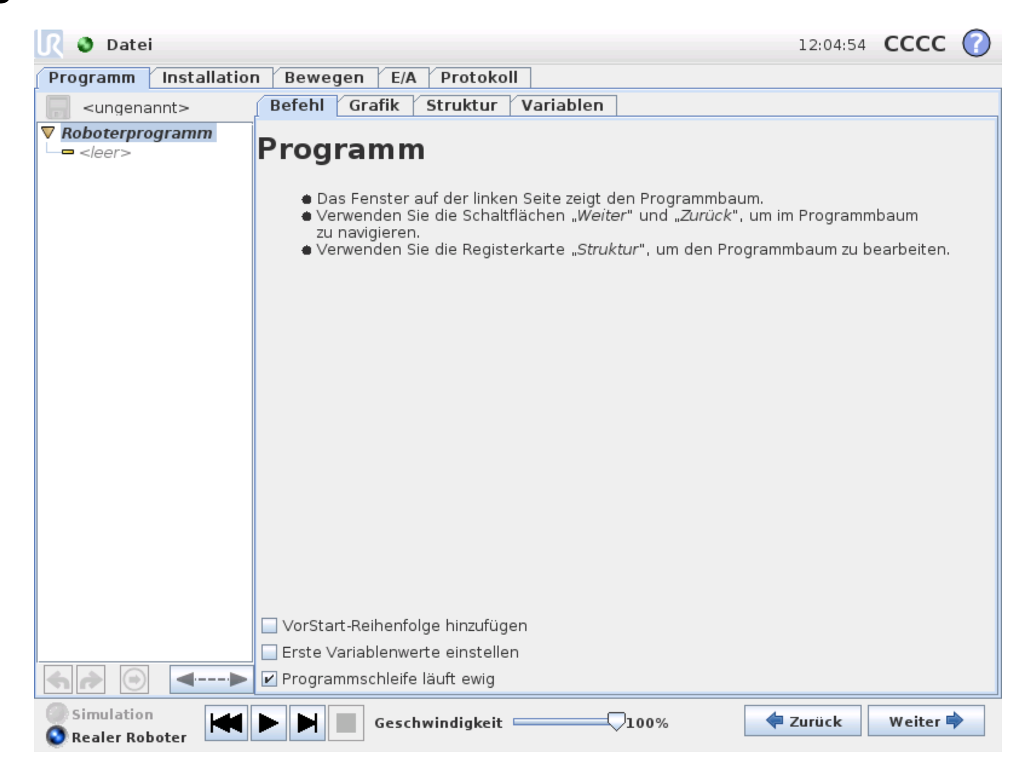
13 Programmierung

13.1 Neues Programm



Ein neues Roboterprogramm kann entweder von einer *Vorlage* oder von einem vorhandenen (gespeicherten) Roboterprogramm aus gestartet werden. Eine *Vorlage* kann die Gesamtprogrammstruktur bieten, sodass nur die Details des Programms ausgefüllt werden müssen.

13.2 „Programm”-Tab



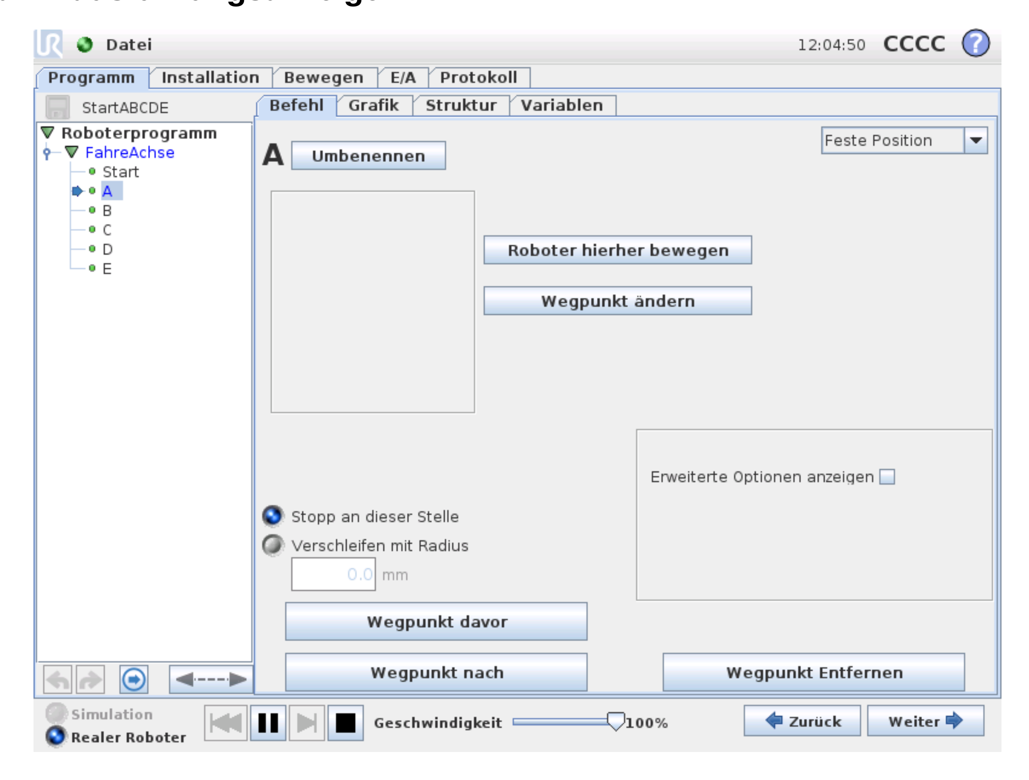
Der Tab „Programm” zeigt das aktuell bearbeitete Programm.

13.2.1 Programmstruktur

Die *Programmstruktur* auf der linken Bildschirmseite zeigt das Programm als Auflistung von Befehlen, während der Bereich auf der rechten Bildschirmseite Informationen im Zusammenhang mit dem aktuellen Befehl anzeigt. Der aktuelle Befehl wird durch Anklicken der Befehlsliste bzw. über die Schaltflächen `Zurück` und `Weiter` unten rechts auf dem Bildschirm ausgewählt. Befehle können mithilfe des Tab `Struktur` eingegeben oder entfernt werden, wie beschrieben in 13.28. Der Programmname erscheint direkt über der Befehlsliste mit einem kleinen Symbol, das zur schnellen Speicherung des Programms angeklickt werden kann.

In der Programmstruktur ist der Befehl markiert, der gerade ausgeführt wird. (wie beschrieben in 13.2.2).

13.2.2 Programmausführungsanzeige



Die Programmstruktur enthält visuelle Hinweise hinsichtlich des Befehls, den die Steuereinrichtung des Roboters gerade ausgeführt. Ein kleines ➡ Anzeigesymbol auf der linken Seite des Befehlssymbols wird angezeigt und der Name des gerade ausgeführten Befehls inkl. aller Befehle, von denen dieser Befehl ein Teilbefehl ist (in der Regel durch die Befehlssymbole ▷/▽ erkennbar) ist blau markiert. Dies hilft dem Anwender den ausgeführten Programmbefehl in der Struktur zu identifizieren.

Wenn sich beispielsweise der Roboterarm in Richtung eines Wegpunkts bewegt, so wird der entsprechende Teilbefehl des Wegpunkts mit dem ➡ -Symbol markiert und sein Name, zusammen mit dem zugehörigen Namen des Befehls „Move” (siehe 13.5), wird blau angezeigt.

Wenn das Programm angehalten wird, markiert die Programmausführungsanzeige den letzten Befehl, der gerade durchgeführt wurde.

Durch Klicken auf die untere Schaltfläche mit dem Symbol ⊙ springt die Programmstruktur auf den aktuell oder zuletzt ausgeführten Befehl in der Struktur. Wenn ein Befehl angeklickt wird, während ein Programm läuft, zeigt der `Befehl`-Tab die Information zu dem ausgewählten Befehl an. Durch Drücken der Taste ⊙ zeigt der `Befehl`-Tab weiter fortlaufende Informationen über die aktuell ausgeführten Befehle.

13.2.3 Rückgängig/Erneut ausführen - Taste

Die Tasten mit den Symbolen ↶ und ↷ unterhalb der Programmstruktur dienen dazu, in der Programmstruktur vorgenommene Änderungen und darin enthaltene Befehle rückgängig zu machen bzw. erneut auszuführen.

13.2.4 Programm-Dashboard

Der unterste Teil des Bildschirms ist das *Dashboard*. Das*Dashboard*. verfügt über Schaltflächen, die einem traditionellen Kassettenrekorder ähneln, mit denen Programme gestartet und gestoppt, einzeln durchgegangen und neu gestartet werden können. Der *Geschwindigkeitsregler* ermöglicht Ihnen die Anpassung der Programmgeschwindigkeit zu jeder Zeit, was sich direkt auf die Geschwindigkeit auswirkt, mit der sich der Roboterarm bewegt. Zusätzlich zeigt der *Geschwindigkeitsregler* in Echtzeit und unter Einbeziehung der Sicherheitseinstellungen die relative Geschwindigkeit an, in der sich der Roboterarm bewegt. Der angezeigte Prozentsatz ist die erreichbare Höchstgeschwindigkeit für die Ausführung des Programms, ohne dass das Sicherheitssystem gestört wird.

Links vom *Dashboard* `Simulation` und `Real Robot` zwischen der Ausführung des Programms in einer Simulation oder am echten Roboter hin und her. Bei der Ausführung einer Simulation bewegt sich der Roboterarm nicht und kann deshalb sich selbst und Geräte in der Nähe bei Zusammenstößen nicht beschädigen. Verwenden Sie die Simulationsfunktion zum Testen von Programmen, wenn Sie sich bzgl. der Bewegungen des Roboterarms unsicher sind.



GEFAHR:

1. Stellen Sie sicher, dass Sie sich außerhalb des Arbeitsbereichs des Roboters befinden, wenn die Taste `Abspielen` gedrückt wird. Die von Ihnen programmierte Bewegung könnte anders als erwartet sein.
2. Stellen Sie sicher, dass Sie sich außerhalb des Arbeitsbereichs des Roboters befinden, wenn die Taste `Schritt` gedrückt wird. Die Funktion der Taste `Schritt` kann schwer zu verstehen sein. Verwenden Sie sie nur, wenn es absolut notwendig ist.
3. Stellen Sie sicher, dass Sie Ihr Programm immer prüfen, indem Sie die Geschwindigkeit mithilfe des Geschwindigkeitsreglers reduzieren. Logische Programmierfehler des Integrators können unerwartete Bewegungen des Roboterarms verursachen.

Während das Programm geschrieben wird, wird die daraus folgende Bewegung des Roboterarms mithilfe einer 3D-Zeichnung im Tab `Grafik` dargestellt, wie beschrieben in 13.27.

Neben jedem Programmbefehl befindet sich ein kleines Symbol, das entweder rot, gelb oder grün ist. Ein rotes Symbol bedeutet, dass ein Fehler in diesem Befehl vorliegt, gelb bedeutet, dass der Befehl nicht abgeschlossen ist, und grün bedeutet, dass alles in Ordnung ist. Ein Programm kann erst ausgeführt werden, wenn alle Befehle grün sind.



13.3 Variablen

Ein Roboterprogramm kann Variablen nutzen, um während der Laufzeit verschiedene Werte zu aktualisieren. Es stehen zwei Arten von Variablen zur Verfügung:

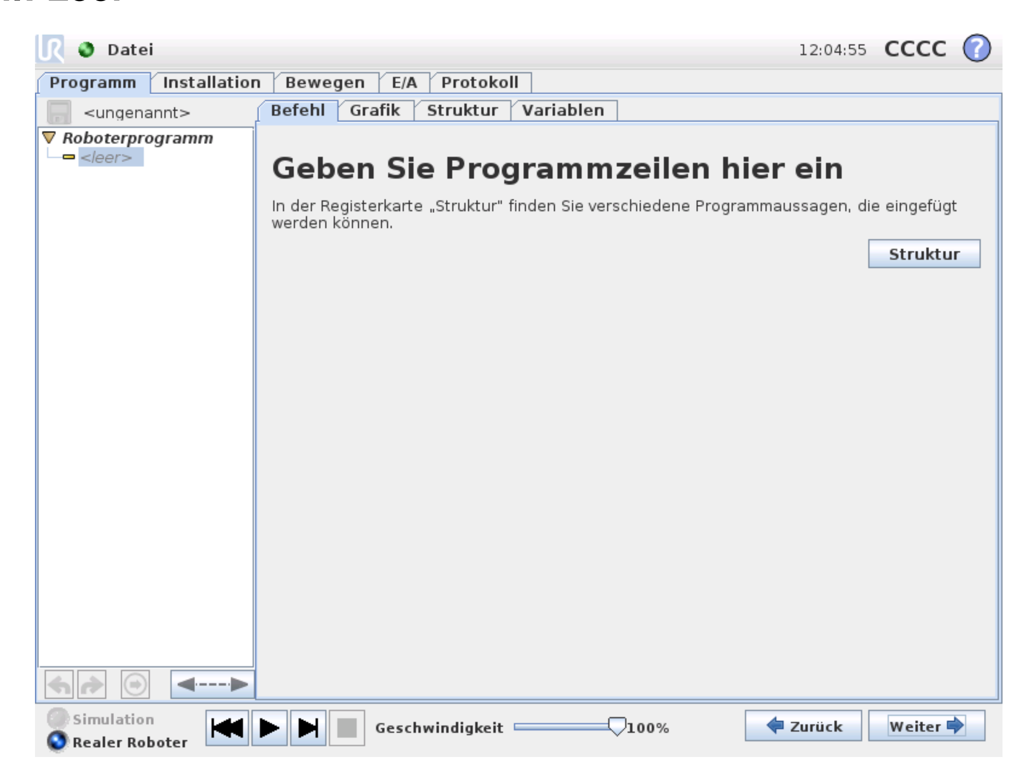
Installationsvariablen: Diese können von mehreren Programmen verwendet werden und ihre Namen und Werte bestehen zusammen mit der Roboterinstallation fort (siehe 12.10 für weitere Details).

Normale Programmvariable: Diese stehen nur dem laufenden Programm zur Verfügung und ihre Werte gehen verloren, sobald das Programm gestoppt wird.

Die folgenden Arten von Variablen stehen zur Verfügung:

bool	Eine boolesche Variable, deren Wert entweder `True` (wahr) oder `False` (falsch) ist.
int	Eine Ganzzahl im Bereich von −32768 bis 32767.
float	Eine Gleitkommazahl (dezimal).
string	Eine Sequenz von Zeichen.
pose	Ein Vektor, der die Lage und Ausrichtung im Kartesischen Raum beschreibt. Er ist eine Kombination aus einem Positionsvektor (x, y, z) und einem Rotationsvektor (rx, ry, rz), der die Ausrichtung darstellt; Schreibweise ist `p[x, y, z, rx, ry, rz]`.
list	Eine Sequenz von Variablen.

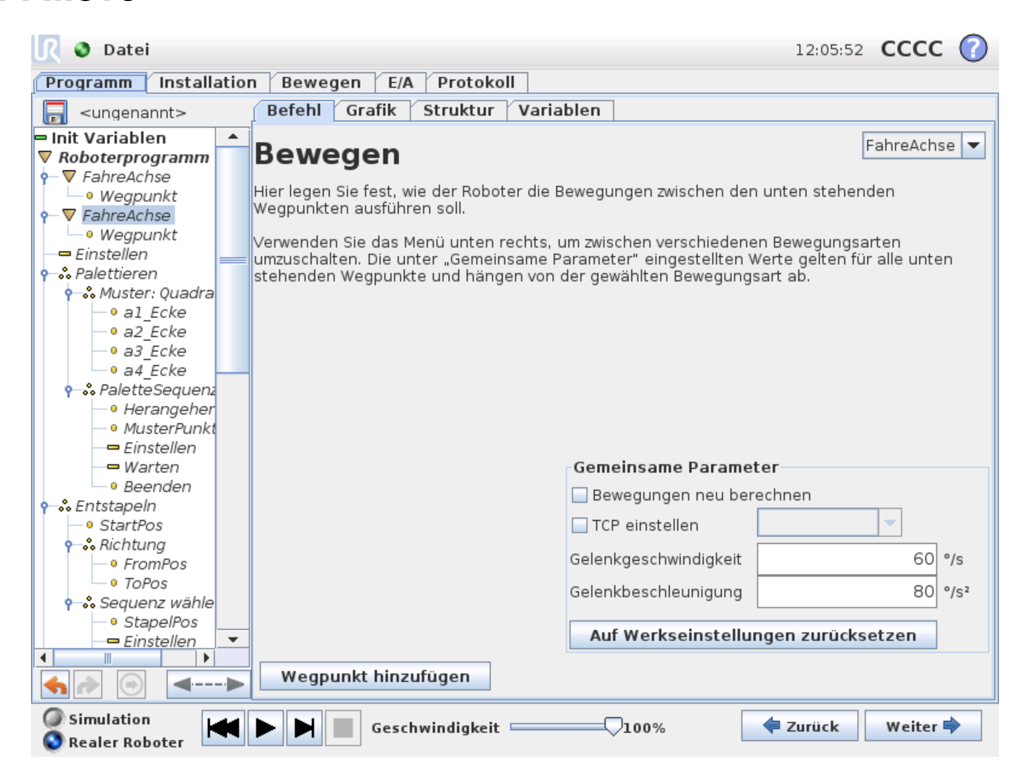
13.4 Befehl: Leer



Programmbefehle müssen hier eingegeben werden. Drücken Sie auf die Schaltfläche „`Struktur`", um zur Registerkarte „Struktur" zu gelangen, in der die ver-

schiedenen auswählbaren Programmzeilen zu finden sind. Ein Programm kann erst ausgeführt werden, wenn alle Zeilen vorgegeben und festgelegt sind.

13.5 Befehl: Move



Der „Move"- Befehl steuert die Roboterbewegung durch die zugrunde liegenden Wegpunkte. Wegpunkte müssen unter einem Move-Befehl vorhanden sein. Der Befehl „Move" definiert die Beschleunigung und die Geschwindigkeit, mit denen sich der Roboterarm zwischen diesen Wegpunkten bewegen wird.

Bewegungsarten

Es ist möglich, eine der drei Bewegungsarten auszuwählen: *MoveJ*, *MoveL* and *MoveP* wobei zu jeder Art unten eine Erläuterung zu finden ist.

- **MoveJ** (FahreAchse) führt Bewegungen aus, die im *Gelenkraum* des Roboterarms berechnet werden. Jedes Gelenk wird so gesteuert, dass alle Gelenke die gewünschte Stellung gleichzeitig erreichen. Diese Bewegungsart sorgt für eine gekrümmte Bewegung des Werkzeugs. Die gemeinsamen Parameter, die für diese Bewegungsart gelten, sind die maximale Gelenkgeschwindigkeit und die Gelenkbeschleunigung für die Berechnungen der Bewegung und werden in deg/s bzw. deg/s^2 angegeben. Wenn es gewünscht ist, dass sich der Roboterarm ungeachtet der Bewegung des Werkzeugs zwischen diesen Wegpunkten zwischen Wegpunkten schneller bewegt, ist diese Bewegungsart auszuwählen.
- **MoveL** (FahreLinear) sorgt dafür, dass sich das Werkzeug zwischen Wegpunkten linear bewegt. Das bedeutet, dass jedes Gelenk eine komplexere Bewegung

ausführt, um die lineare Bewegung des Werkzeugs sicherzustellen. Die gemeinsamen Parameter, die für diese Bewegungsart eingestellt werden können, sind die gewünschte Werkzeuggeschwindigkeit und die Werkzeugbeschleunigung, angegeben in mm/s bzw. mm/s^2, und auch ein Merkmal. Das ausgewählte Merkmal bestimmt, in welchem Merkmalsraum die Werkzeugpositionen der Wegpunkte dargestellt werden. Variable Merkmale und variable Wegpunkte sind von besonderem Interesse im Hinblick auf Merkmalsräume. Variablen Merkmale können eingesetzt werden, wenn die Werkzeugposition eines Wegpunkts durch den Istwert des variablen Merkmals bei laufendem Roboterprogramm bestimmt werden muss.

- **MoveP** bewegt das Werkzeug linear bei konstanter Geschwindigkeit und kreisrunden Biegungen und ist für Abläufe wie beispielsweise Kleben oder Ausgeben konzipiert. Die Größe des Kurvenradius ist standardmäßig ein gemeinsamer Wert zwischen allen Wegpunkten. Ein kleinerer Wert sorgt für eine schärfere Kurve und ein größerer Wert sorgt für eine länger gezogene Kurve. Während sich der Roboterarm bei konstanter Geschwindigkeit durch die Wegpunkte bewegt, kann das Robotersteuergerät weder auf die Betätigung eines E/A noch auf eine Eingabe durch den Bediener warten. Dadurch kann die Bewegung des Roboterarms eventuell angehalten oder ein Schutz-Aus ausgelöst werden.

  Eine **Kreisbewegung** kann einem „FahreP"-Befehl hinzugefügt werden, der aus zwei Wegpunkten besteht: Der erste legt einen Durchgangspunkt auf dem Kreisbogen fest und der zweite ist der Endpunkt der Bewegung. Der Roboter beginnt die Kreisbewegung an seiner aktuellen Position und führt sie durch die beiden festgelegten Wegpunkte. Die Ausrichtungsänderung des Werkzeugs im Verlauf der Kreisbewegung wird nur durch die Ausrichtung am Startpunkt und die Ausrichtung am Endpunkt bestimmt. Die Ausrichtung des Durchgangspunktes hat keinen Einfluss auf die Kreisbewegung. Einer Kreisbewegung muss immer ein Wegpunkt unter dem gleichen FahreP vorausgehen.

Gemeinsame Parameter

Die Einstellungen der gemeinsamen Parameter (unten rechts auf dem Move-Bildschirm) gelten für den Weg zwischen der vorherigen Position des Roboterarms und dem ersten Wegpunkt unter dem Befehl und von dort zu jedem weiteren der nachfolgenden Wegpunkte. Die Einstellungen des Move-Befehls gelten nicht für den Weg *vom* letzten Wegpunkt unter diesem Move-Befehl.

Bewegungen neu berechnen

Markieren Sie dieses Kontrollkästchen, wenn die Positionen innerhalb dieses Fahrbefehls auf Basis des aktiven TCP eingestellt werden.

TCP wählen

Der für die Wegpunkte im Rahmen dieses Fahrbefehls verwendete TCP kann durch Ankreuzen des Kontrollkästchen und Auswahl eines TCP aus dem Dropdown-Menü ausgewählt werden. Der ausgewählte TCP wird dann jedes Mal als aktiv gesetzt, wenn sich der Arm-Roboter zu einem der Wegpunkte unter diesem Move-Befehl bewegt. Wenn das Kontrollkästchen nicht aktiviert ist, wird der aktive TCP

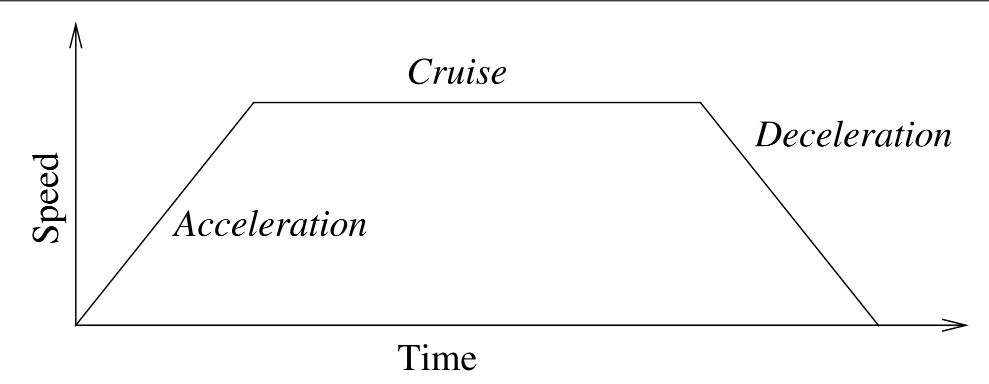


Abbildung 13.1: Geschwindigkeitsprofil für eine Bewegung. Die Kurve wird in drei Segmente unterteilt: *Beschleunigung*, *gleichbleibend* und *Verzögerung*. Die Höhe der *gleichbleibenden* Phase wird durch die Geschwindigkeitseinstellung der Bewegung vorgegeben, während die Steilheit der Phasen *Beschleunigung* und *Verzögerung* durch den Beschleunigungsparameter vorgegeben wird.

in keiner Weise verändert. Wenn der aktive TCP für diese Bewegung während der Laufzeit des Programms festgelegt wird, muss er über den Set-Befehl dynamisch eingestellt werden (siehe 13.10) oder mittels Verwendung von Skriptbefehlen. Weitere Informationen zu TCP-Konfigurationen finden Sie hier 12.6.

Auswahl von Merkmalen

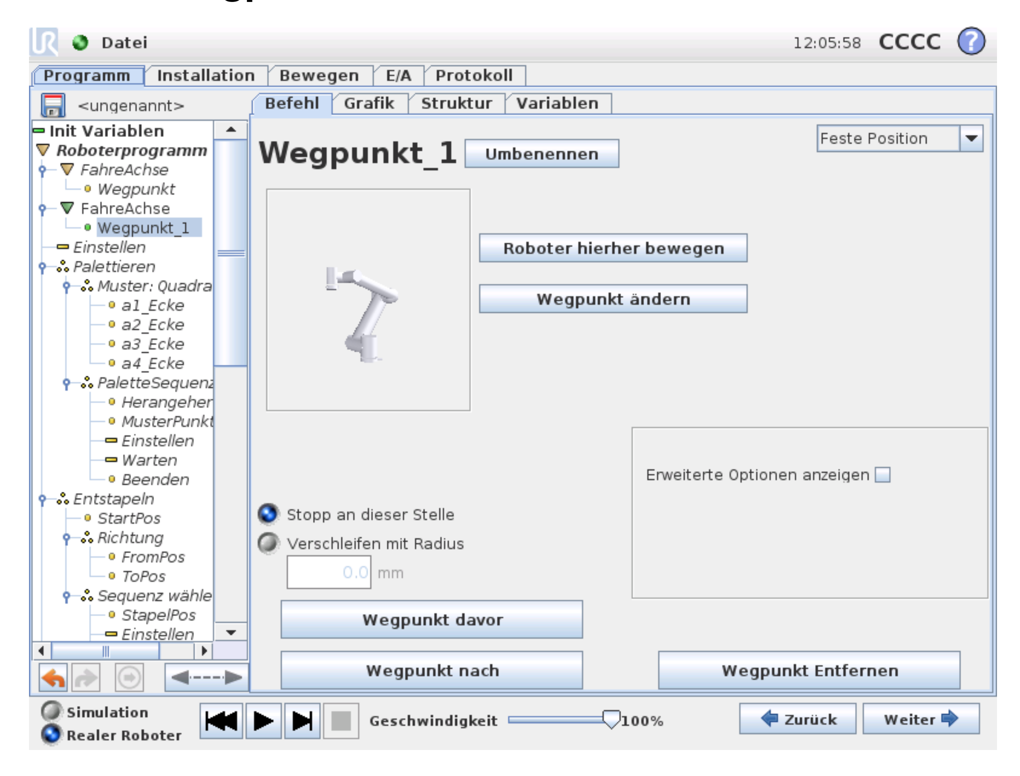
Im Falle von *MoveL* und *MoveP* ist es möglich, bei der Festlegung der Wegpunkte auszuwählen, in welchem Merkmalsraum diese Wegpunkte unter dem Bewegen-Befehl dargestellt werden sollen. Das bedeutet, dass sich das Programm bei der Einstellung eines Wegpunkts an die Werkzeugkoordinaten im Merkmalsraum des gewählten Merkmals erinnert. Es gibt nur einige wenige Umstände, die einer detaillierteren Erläuterung bedürfen.

Relative Wegpunkte: Die ausgewählte Funktion hat keinen Einfluss auf die relativen Wegpunkte. Die relative Bewegung ist immer (hinsichtlich der Orientierung) zum *Fuß* hin ausgerichtet.

Variable Wegpunkte:: Wenn sich der Roboterarm zu einem variablen Wegpunkt bewegt, wird die Zielposition des Werkzeugs als die Koordinaten der Variable im Raum des ausgewählten Merkmals berechnet. Deshalb ändert sich die Roboterarmbewegung für einen variablen Wegpunkt, sobald ein anderes Merkmal ausgewählt wird.

Variable Funktion: Wenn eine der Funktionen in der aktuell geladenen Installation als variabel ausgewählt wird, sind die entsprechenden Variablen ebenfalls im Menü zur Auswahl der Merkmale wählbar. Wenn eine Funktionsvariable (benannt nach dem Namen der Funktion und nachgestelltem „_var”) ausgewählt wird, sind die Roboterarmbewegungen (ausgenommen von *relativen* Wegpunkten) relativ zum Istwert der Variablen, solange das Programm läuft. Der Anfangswert einer Funktionsvariablen ist der Wert der eigentlichen Funktion, wie bei der Installation konfiguriert. Wenn dieser Wert verändert wird, ändern sich auch die Bewegungen des Roboters.

13.6 Befehl: Fester Wegpunkt



Ein Punkt entlang des Weges des Roboters. Wegpunkte sind der wichtigste Teil eines Roboterprogramms, denn durch sie weiß der Roboterarm wo er sein muss. Ein Wegpunkt mit einer festen Position wird vorgegeben, indem der Roboterarm physisch in die entsprechende Position bewegt wird.

Einstellung des Wegpunktes

Betätigen Sie diese Taste, um zum Move-Bildschirm zu gelangen, über den Sie die Roboterarm-Position für diesen Wegpunkt vorgeben können. Wenn der Wegpunkt unter einen Move-Befehl im linearen Raum gesetzt wird (`MoveL` or `MoveP`), muss ein gültiges Merkmal für diesen Move-Befehl ausgewählt werden, damit diese Schaltfläche betätigt werden kann.

Namen der Wegpunkte

Die Namen der Wegpunkte sind veränderlich. Zwei Wegpunkte mit demselben Namen sind immer ein und derselbe Wegpunkt. Die Wegpunkte werden mit ihrer Festlegung nummeriert.

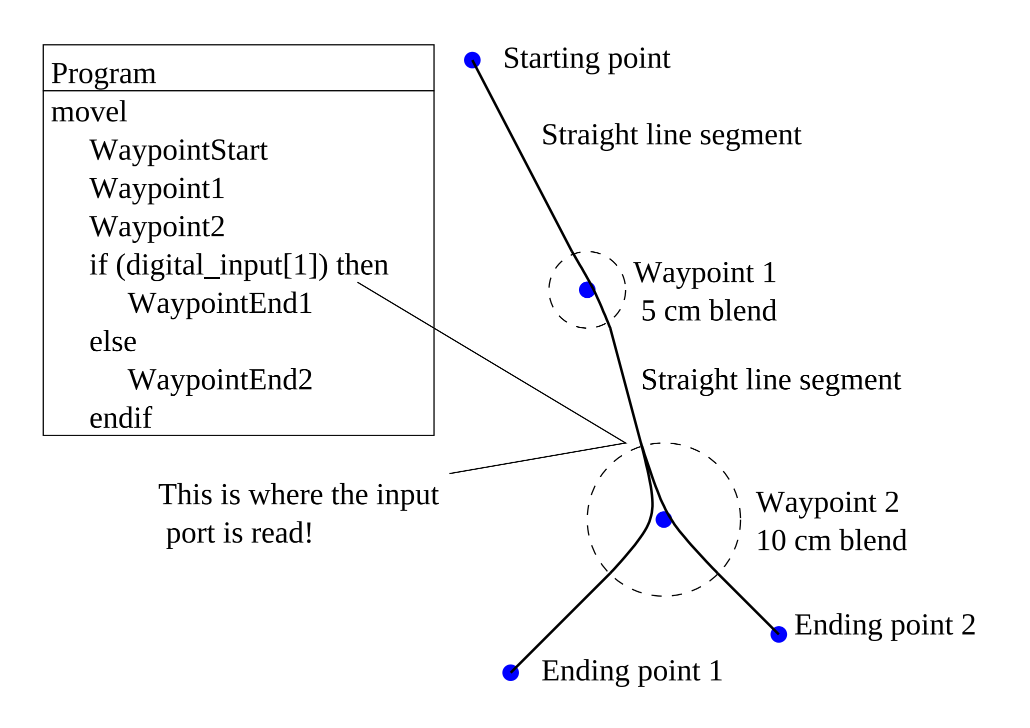
Verschnittradius

Wenn ein Verschnittradius eingestellt wird, wird der Roboterarm um den Wegpunkt geführt, sodass der Roboterarm an dem Punkt nicht anhalten muss. Verschnitte dürfen nicht überlappen, sodass es nicht möglich ist, einen Verschnittradius einzustellen, der einen Verschnittradius für einen vorhergehenden oder nachfolgenden Punkt überlappt. Ein Stopppunkt ist ein Wegpunkt mit einem Verschnittradius von $0,0\ mm$.

Hinweis zum E/A-Timing

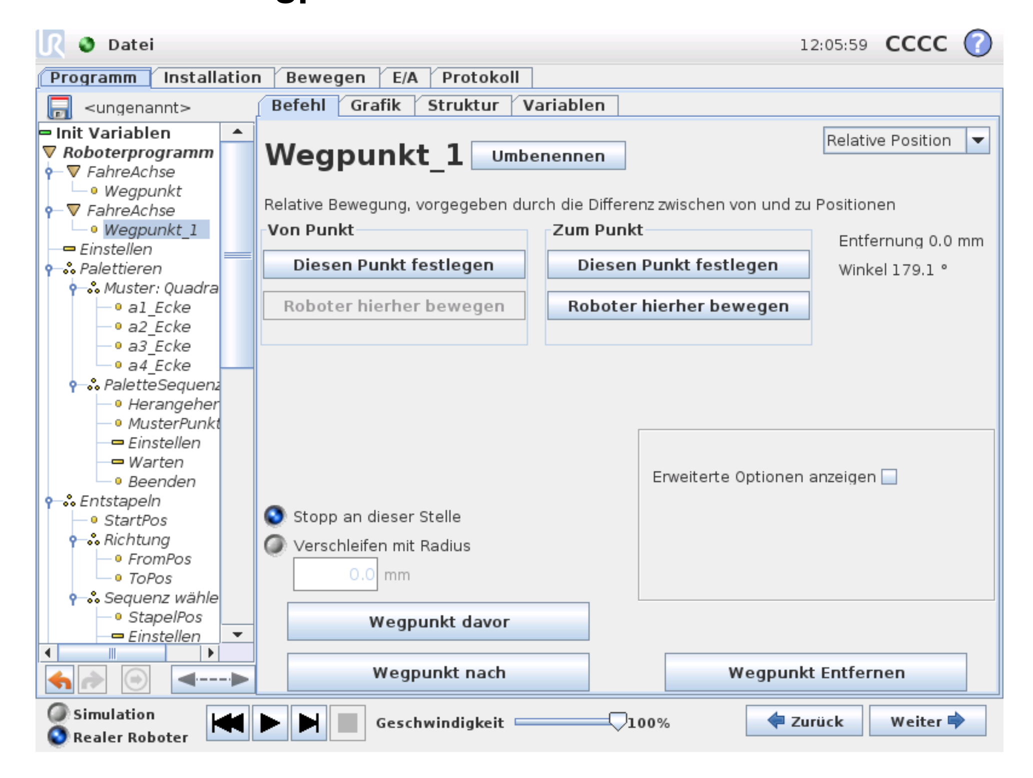
Wenn es sich bei einem Wegpunkt um einen Stopppunkt mit einem E/A-Befehl als nächsten Befehl handelt, wird der E/A-Befehl ausgeführt, wenn der Roboterarm am Wegpunkt anhält. Wenn der Wegpunkt jedoch über einen Verschnittradius verfügt, wird der folgende E/A-Befehl ausgeführt, wenn der Roboterarm in den Verschnittbereich gelangt.

Beispiel



Ein kleines Beispiel, in dem ein Roboterprogramm ein Werkzeug von einer Ausgangslage in eine von zwei Endlagen bewegt, in Abhängigkeit vom Zustand des `digitalen_Eingangs[1]`. Bitte beachten Sie, dass sich die Werkzeugbahn (dicke schwarze Linie) in geraden Linien außerhalb der Verschnittbereiche bewegt (gestrichelte Kreise), während die Werkzeugbahn in den Verschnittbereichen von der geraden Linienführung abweicht. Achten Sie bitte außerdem darauf, dass der Zustand des Sensors `digitalen_Eingangs[1]` erst abgelesen wird, wenn der Roboterarm kurz davor ist, in den Verschnittbereich um texttt Wegpunkt 2 zu gelangen, auch wenn der Befehl `if...then` nach `Wegpunkt 2` in der Programmfolge steht. Dies ist ein wenig gegen das Empfindungsbewusstsein, aber ist notwendig, um den richtigen Verschnittweg zu wählen.

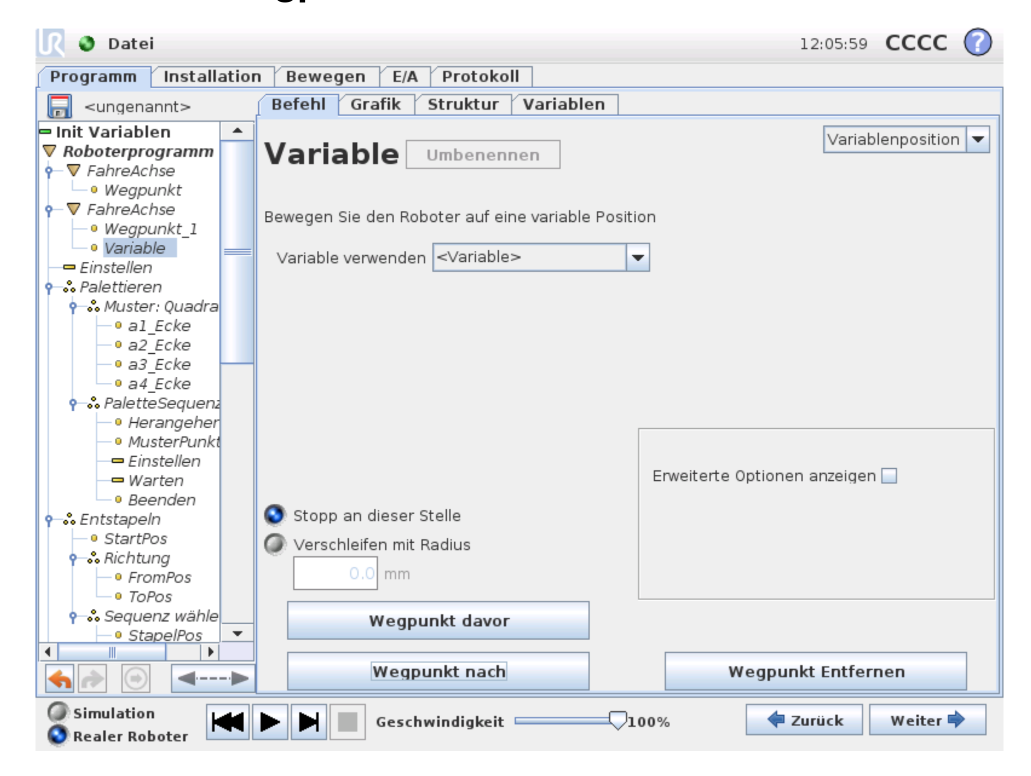
13.7 Befehl: Relativer Wegpunkt



Ein Wegpunkt, dessen Position in Relation zur vorhergehenden Position des Roboterarms angegeben wird, wie zum Beispiel „zwei Zentimeter nach links“. Die relative Position wird als Unterschied zwischen den beiden gegebenen Positionen festgelegt (links nach rechts). Bitte beachten Sie, dass wiederholte relative Positionen den Roboterarm aus dessen Arbeitsbereich heraus bewegen können.

Der Abstand hier ist der kartesische Abstand zwischen dem TCP an beiden Positionen. Der Winkel gibt an, wie sehr die Ausrichtung des TCP sich zwischen beiden Positionen ändert. Genauer gesagt handelt es sich um die Länge des Rotationsvektors, welche die Ausrichtungsänderung angibt.

13.8 Befehl: Variabler Wegpunkt:

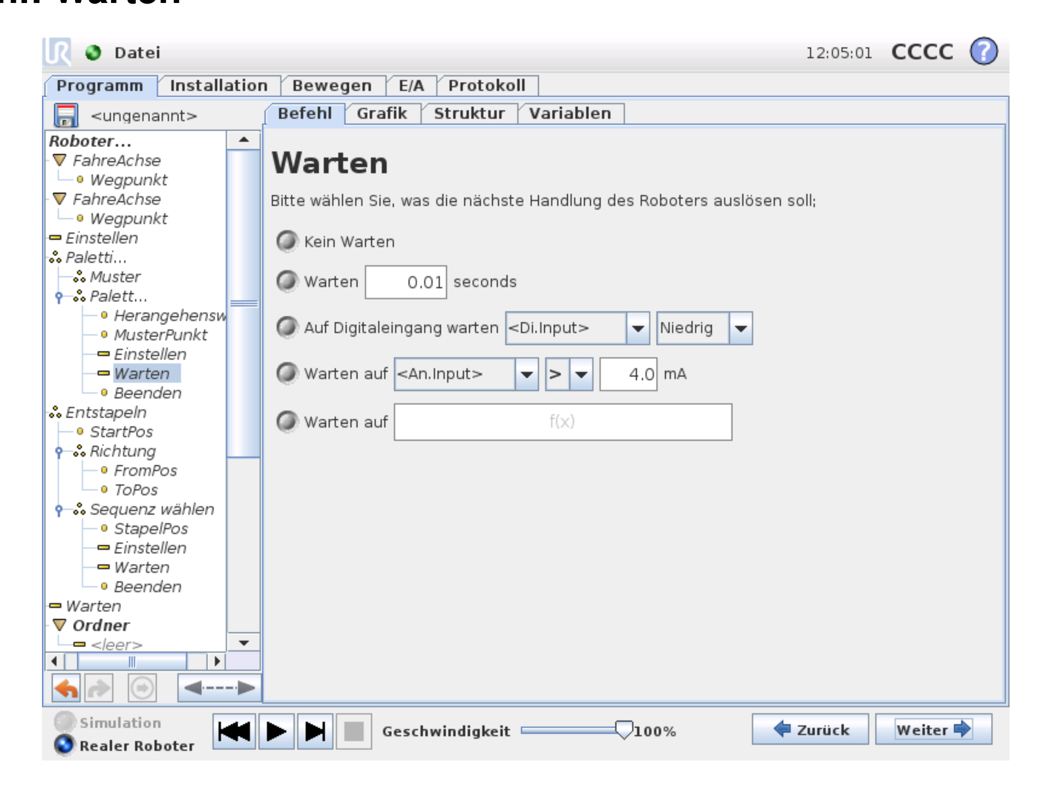


Ein Wegpunkt, dessen Position durch eine Variable angegeben wird, in diesem Fall `calculated_pos`. Die Variable muss eine *Pose* sein, wie beispielsweise `var=p[0.5,0.0,0.0,3.14,0.0,0.0]`. Die ersten drei sind *x,y,z* und die letzten drei beschreiben die Ausrichtung als *Rotationsvektor*, der durch den Vektor *rx,ry,rz* vorgegeben wird. Die Länge der Achse entspricht dem zu drehenden Winkel in Radianten, und der Vektor selbst gibt die Achse an, um die die Drehung erfolgt. Die Position wird immer in Bezug auf einen Bezugsrahmen oder ein Koordinatensystem angegeben, definiert durch die ausgewählte Funktion. Der Roboterarm bewegt sich immer linear zu einem variablen Wegpunkt.

Beispielsweise, um den Roboter 20 mm entlang der z-Achse des Werkzeugs zu bewegen:

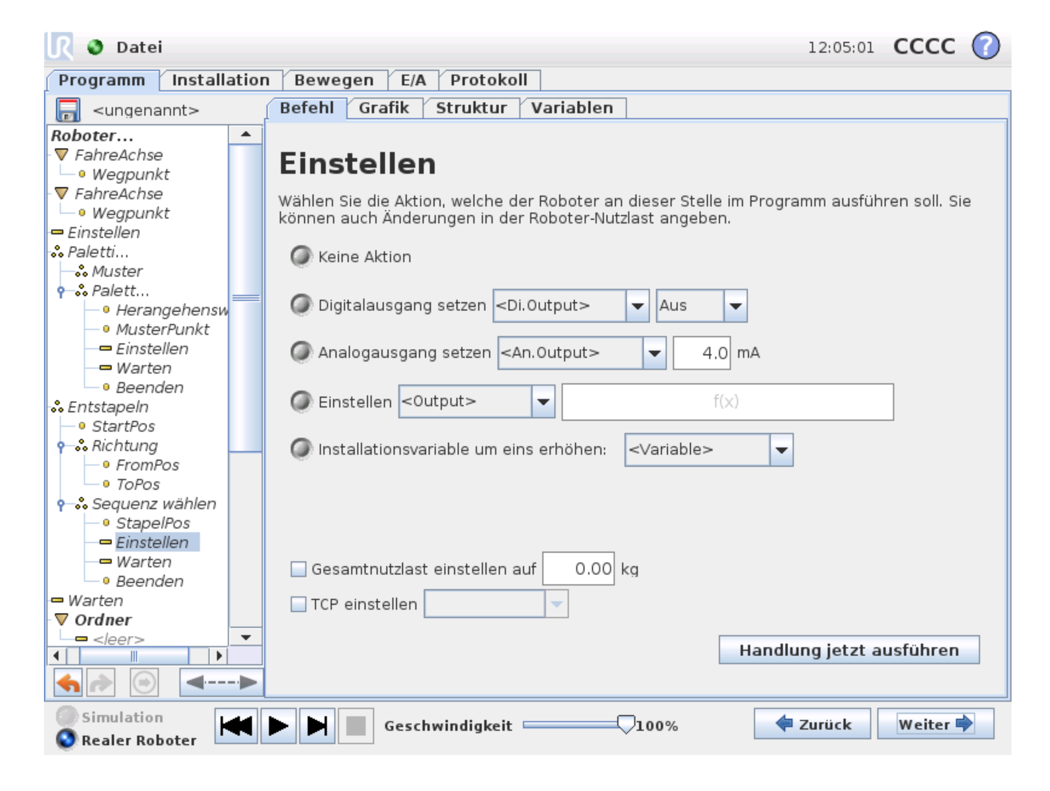
```
var_1=p[0,0,0.02,0,0,0]
FahreLinear
  Wegpunkt_1 (Variable Position):
    Verwenden Sie Variable=var_1, Funktion=Werkzeug
```

13.9 Befehl: Warten



Wartet eine bestimmte Zeit oder wartet auf ein E/A-Signal.

13.10 Befehl: Einstellen

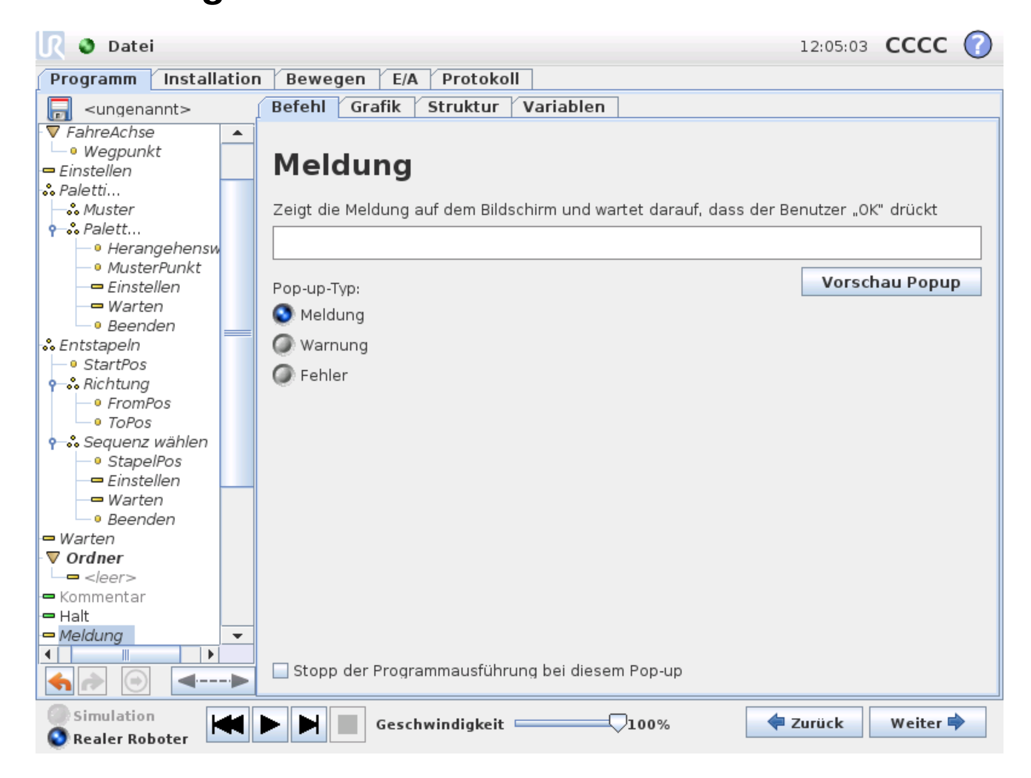


Setzt entweder digitale oder analoge Ausgänge auf einen vorgegebenen Wert.

Kann ebenfalls zur Einstellung der Tragfähigkeit des Roboterarms eingesetzt werden, beispielsweise das Gewicht, das durch diese Maßnahme aufgenommen wird. Eine Anpassung der Gewichtseinstellung könnte erforderlich sein, um zu verhindern, dass der Roboter einen Schutzstopp auslöst, falls sich das Gewicht am Werkzeug vom erwarteten Gewicht unterscheidet.

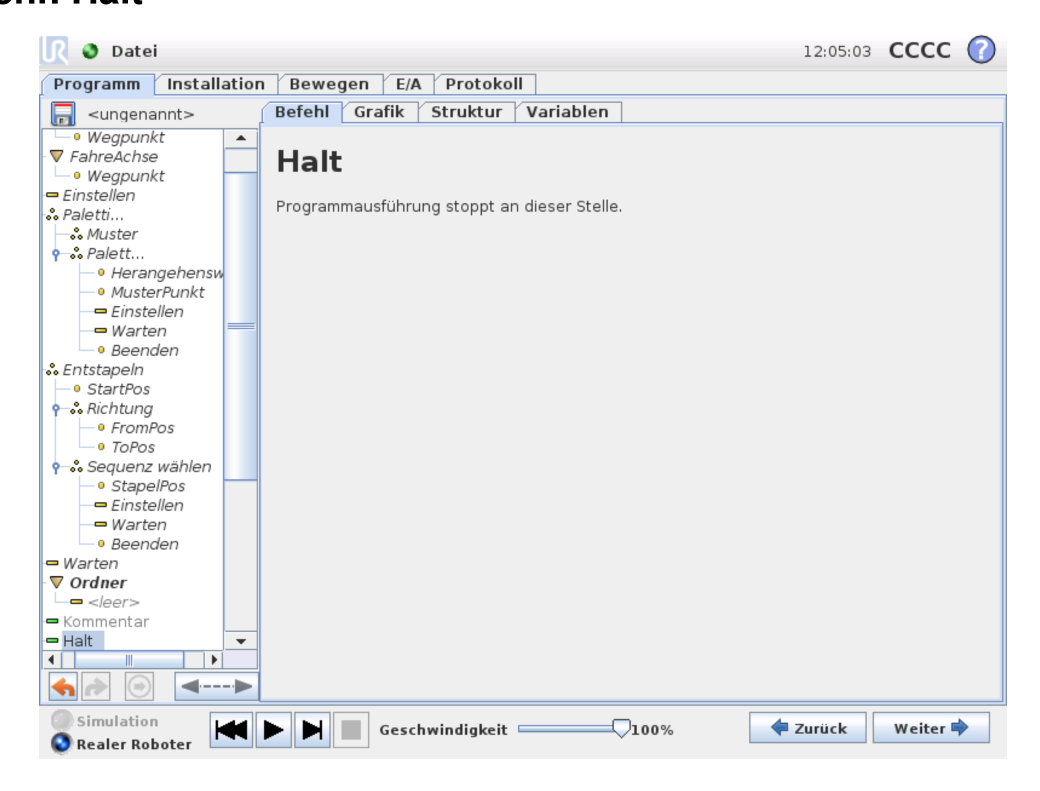
Die aktive TCP kann auch mit einem Set-Befehl verändert werden. Setzen Sie einfach den Haken im Kontrollkästchen und wählen Sie eine der TCP-Offsets aus dem Menü. Wenn das aktive TCP für eine bestimmte Bewegung zum Zeitpunkt der Programmierung bekannt ist, können Sie stattdessen die Verwendung der TCP-Auswahl auf der Move-Karte in Betracht ziehen (siehe 13.5). Weitere Informationen zu TCP-Konfigurationen finden Sie hier 12.6.

13.11 Befehl: Meldung



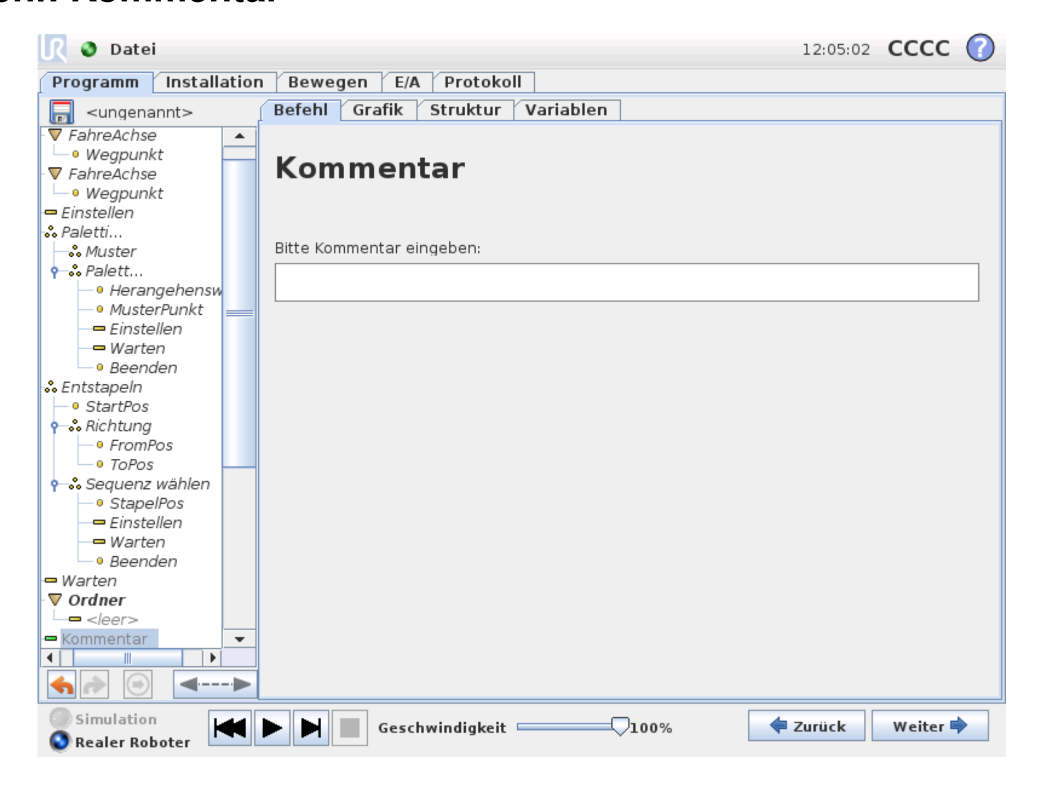
Eine Meldung ist ein Pop-up, das auf dem Bildschirm angezeigt wird, wenn das Programm diesen Befehl erreicht. Der Meldungsstil ist wählbar und der Text kann mithilfe der Tastatur auf dem Bildschirm eingegeben werden. Der Roboter wartet, bis der Benutzer/Bediener die Schaltfläche „O.K." unter dem Pop-up betätigt, bevor er mit dem Programm fortfährt. Wenn der Punkt „Programmausführung stoppen" ausgewählt ist, hält das Programm bei dieser Meldung an.

13.12 Befehl: Halt



Die Ausführung des Programms wird an dieser Stelle angehalten.

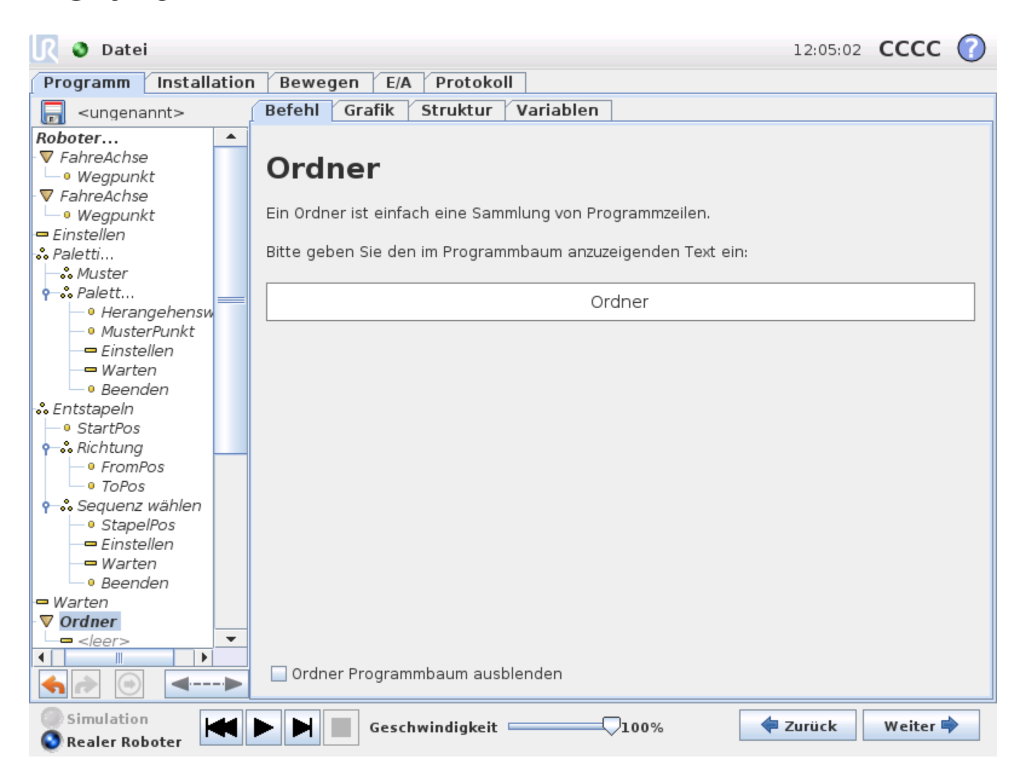
13.13 Befehl: Kommentar



Hier erhält der Programmierer die Möglichkeit, das Programm durch eine Textzeile zu ergänzen. Diese Textzeile hat während der Ausführung des Programms keiner-

lei Wirkung.

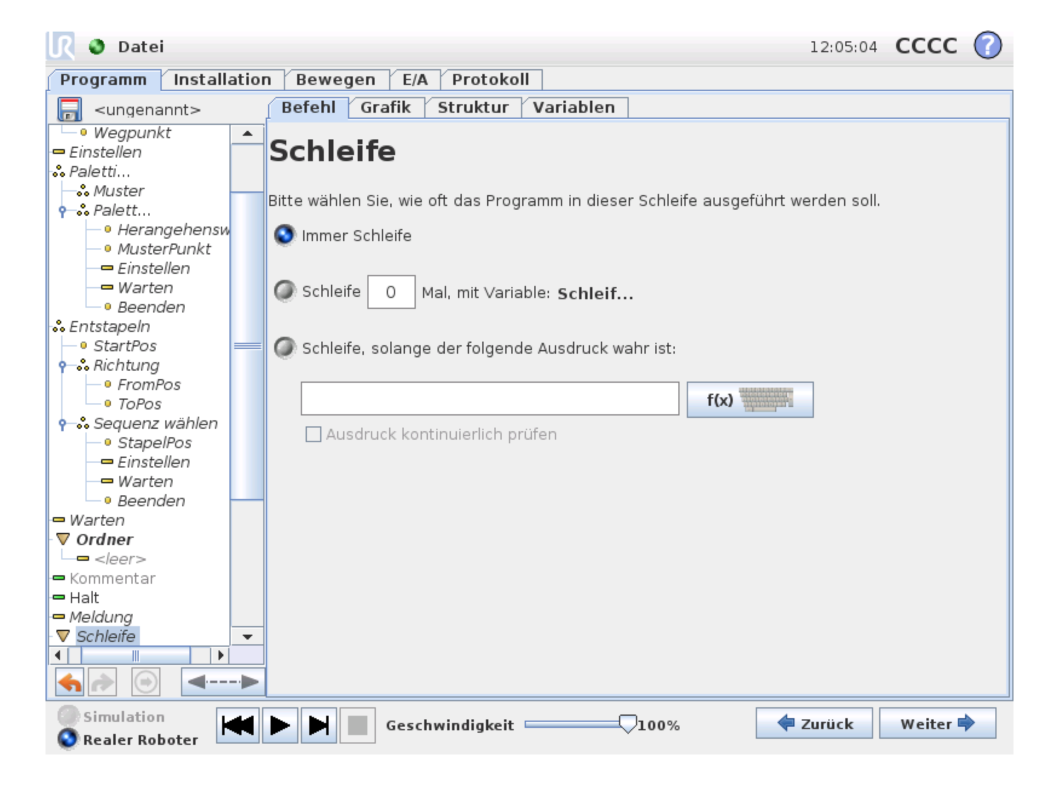
13.14 Befehl: Ordner



Ein Ordner wird zur Organisation und Kennzeichnung bestimmter Programmteile, zur Bereinigung des Programmbaumes und zur Vereinfachung des Lesens und Navigierens im Programm eingesetzt.

Der Ordner selbst führt keine Maßnahmen durch.

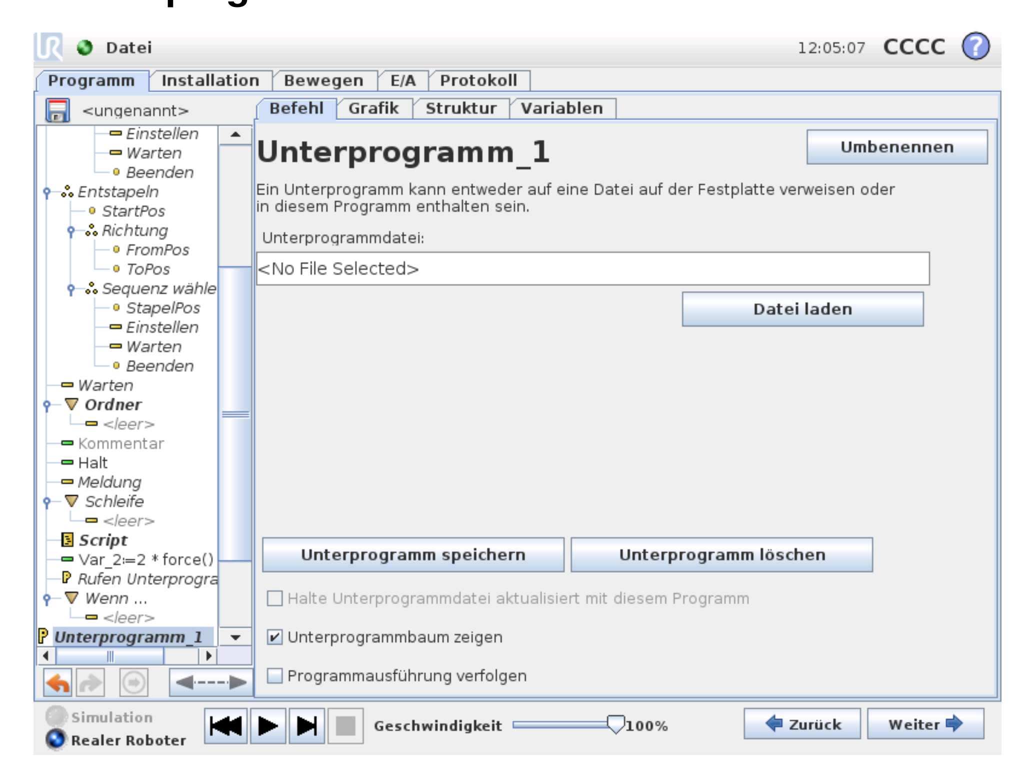
13.15 Befehl: Schleife



Schleifen sind zugrunde liegende Programmbefehle. In Abhängigkeit von der Auswahl werden die zugrunde liegenden Befehle entweder unbegrenzt, eine gewisse Anzahl oder solange wiederholt wie die vorgegebene Bedingung war ist. Bei der Wiederholung für eine bestimmte Anzahl wird eine fest zugeordnete Schleifenvariable (im vorherigen Screenshot `loop_1` genannt) erstellt, die in Ausdrücken innerhalb der Schleife eingesetzt werden kann. Die Schleifenvariable zählt von 0 bis $N - 1$.

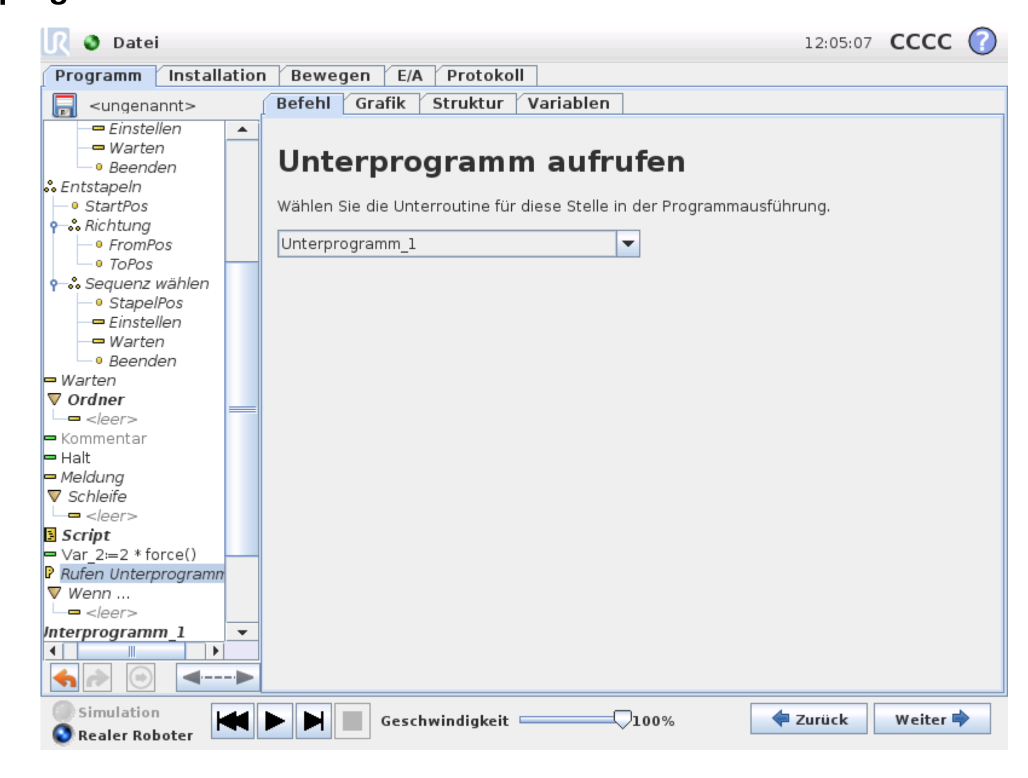
Bei der Erstellung von Schleifen mit einem Ausdruck als Endbedingung bietet PolyScope eine Option zur kontinuierlichen Bewertung dieses Ausdrucks, sodass der „loop" jederzeit während der Ausführung unterbrochen werden kann, anstelle nach jedem Durchlauf.

13.16 Befehl: Unterprogramm



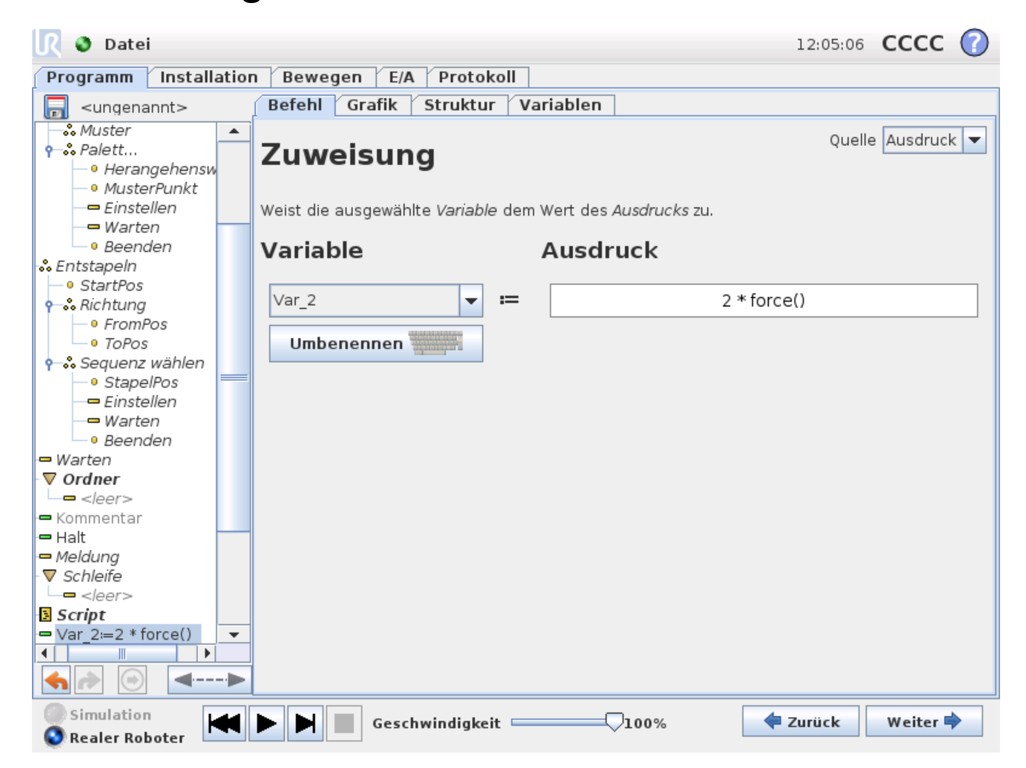
Ein Unterprogramm kann Programmteile enthalten, die an mehreren Stellen erforderlich sind. Ein Unterprogramm kann eine separate Datei auf der Diskette und kann auch versteckt sein, um sie gegen ungewollte Änderungen am Unterprogramm zu schützen.

Befehl: Unterprogramm aufrufen



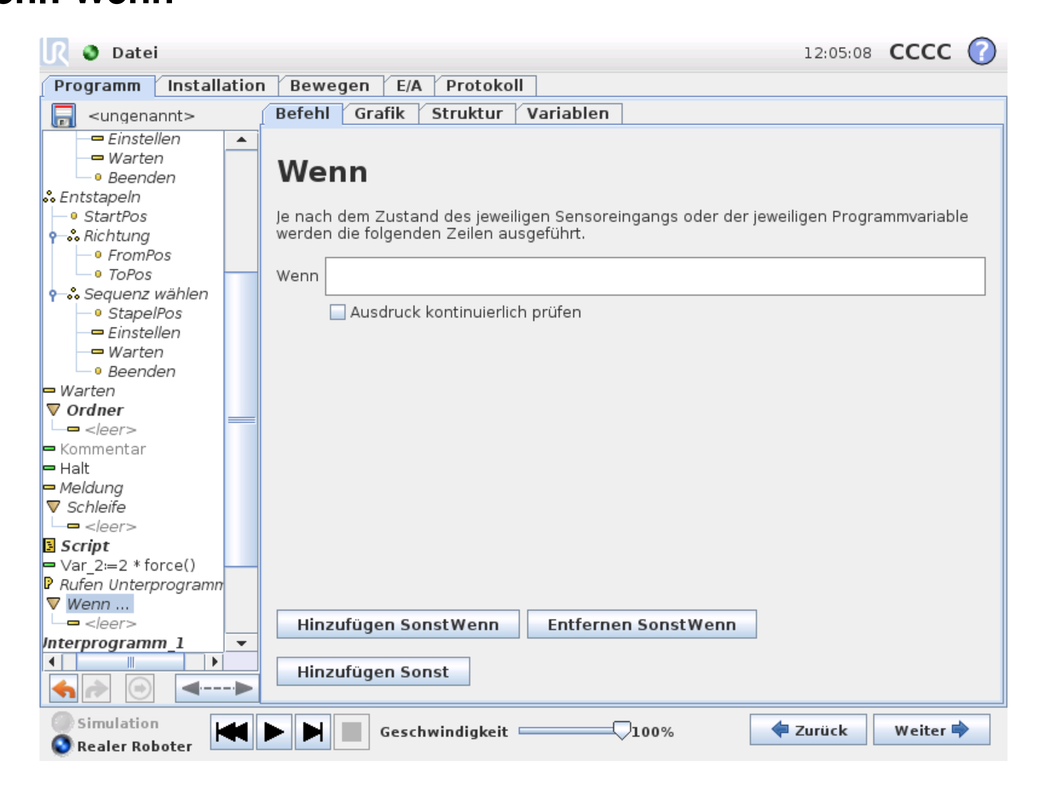
Wenn Sie ein Unterprogramm aufrufen, werden die Programmzeilen im Unterprogramm ausgeführt, und anschließend geht es in der nächsten Zeile weiter.

13.17 Befehl: Zuweisung



Weist Variablen Werte zu. Eine Zuweisung bringt den berechneten Wert auf der rechten Seite zur Variablen auf der linken Seite. Dies kann bei komplexen Programmen hilfreich sein.

13.18 Befehl: Wenn

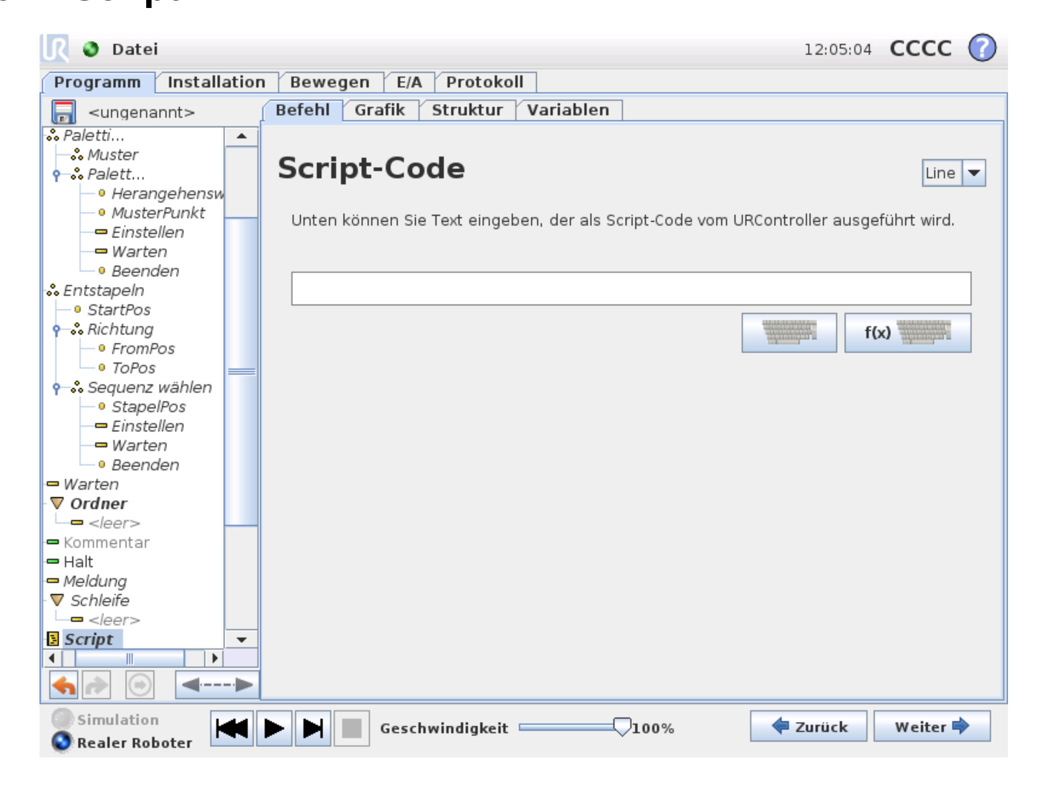


Durch einen „if...else"-Befehl kann der Roboter sein Verhalten aufgrund von Sensoreingängen oder Variablenwerten ändern. Verwenden Sie den Ausdrucksseditor, um die Bedingung zu beschreiben, in der der Roboter mit den Unterbefehlen dieses `Wenn` fortfahren soll. Wenn die Bedingung mit `True` bewertet wird, werden die Zeilen in diesem `Wenn` ausgeführt.

Jedes `Wenn` kann mehrere `SonstWenn`-Befehle und einen `Sonst`-Befehl haben. Diese können mithilfe der Schaltflächen auf dem Bildschirm hinzugefügt werden. Ein `ElseIf`-Befehl kann für diesen Befehl vom Bildschirm entfernt werden.

Durch Anklicken von `Check Ausdruck kontinuierlich` wird die Bewertung der Bedingungen der `Wenn`- und `SonstWenn`-Aussagen ermöglicht, während die darin enthaltenen Zeilen ausgeführt werden. Wenn ein Ausdruck mit *False* bewertet wird, während dieser innerhalb des `Wenn`-Teils ist, wird folgende `SonstWenn` oder `Sonst`-Aussage erreicht.

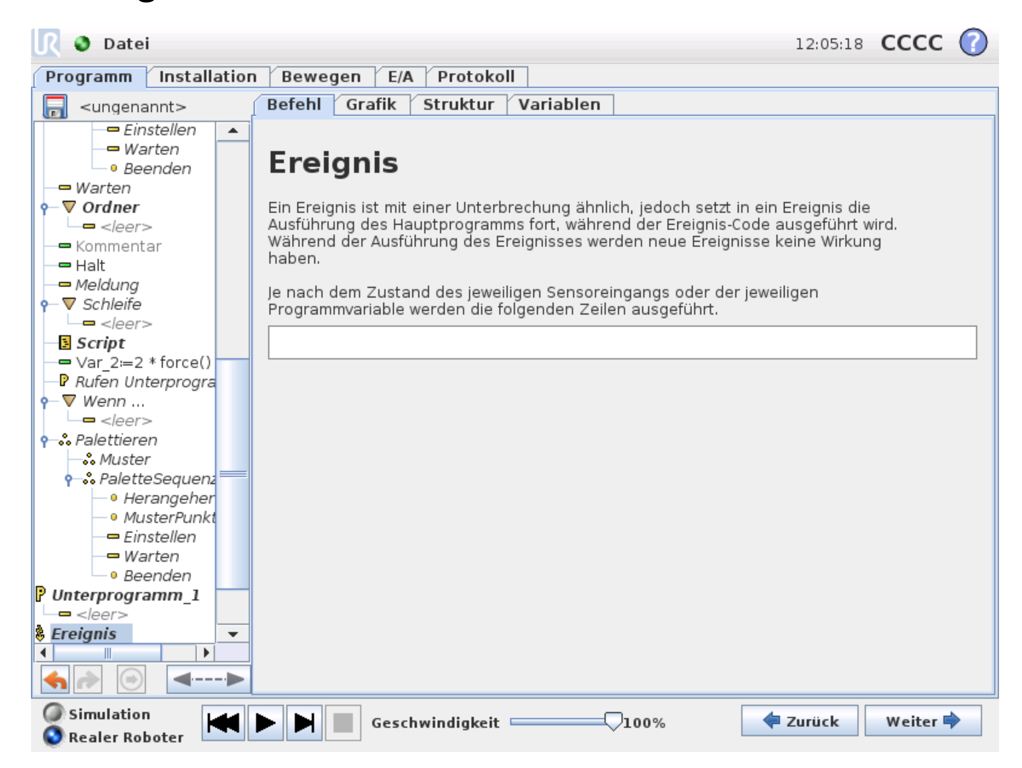
13.19 Befehl: Script



Dieser Befehl ermöglicht den Zugang zur zugrunde liegenden Echtzeitskriptsprache, die vom Steuergerät des Roboters ausgeführt wird. Er ist nur für erfahrene Benutzer bestimmt und Anweisungen zu seiner Verwendung finden Sie im Skripthandbuch auf der Support-Webseite (`http://support.universal-robots.com/`). Beachten Sie, dass nur UR-Vertriebshändler und OEM-Kunden auf die Webseite zugreifen können.

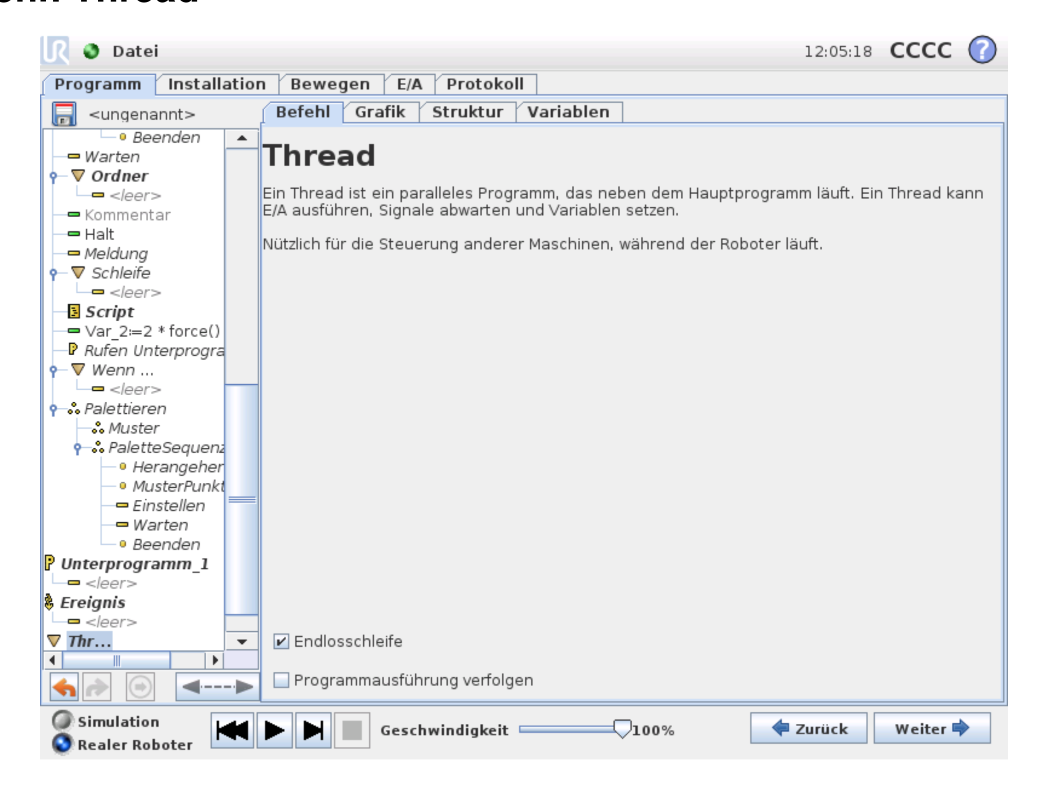
Mit der Option „Datei" oben links können Skript-Programmdateien erstellt und bearbeitet werden. So können lange und komplexe Skript-Programme zusammen mit der bedienerfreundlichen Programmierung von PolyScope eingesetzt werden.

13.20 Befehl: Ereignis



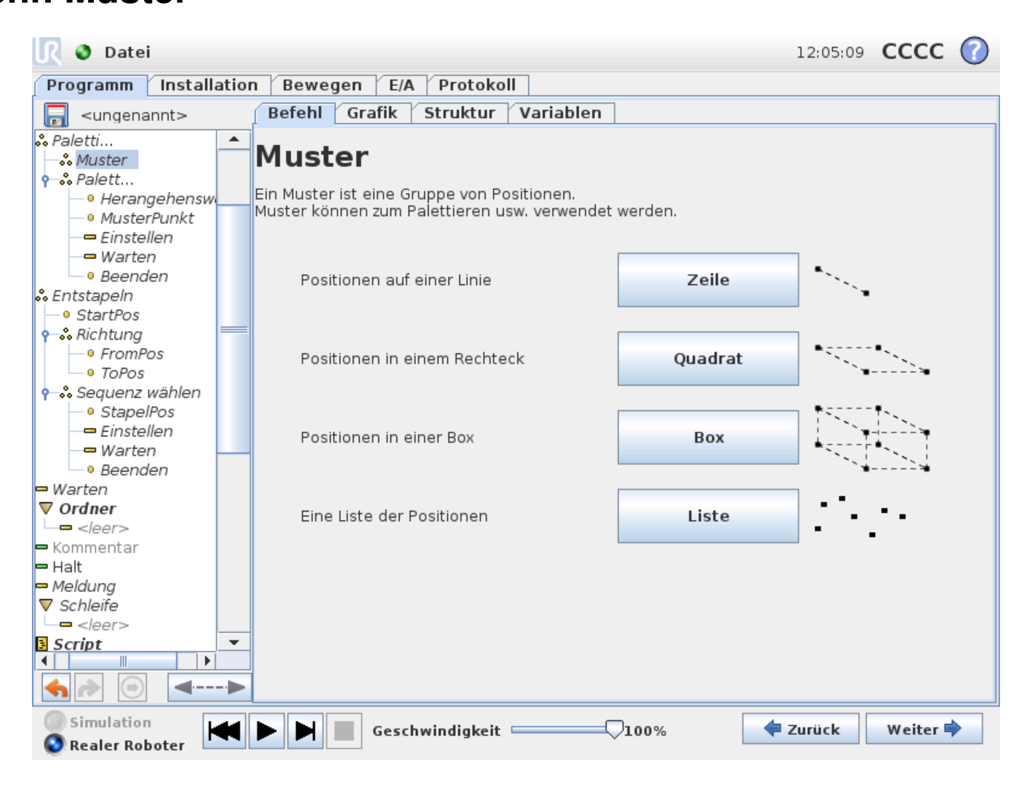
Ein Ereignis kann zur Überwachung eines Eingangssignals eingesetzt werden und eine Maßnahme durchführen oder eine Variable einstellen, wenn dieses Eingangssignal einen hohen Wert annimmt. Wenn ein Ausgangssignal beispielsweise einen hohen Wert annimmt, kann das Ereignisprogramm 100 ms warten und das Signal anschließend wieder auf einen niedrigen Wert einstellen. Dadurch kann der Hauptprogrammcode erheblich vereinfacht werden, wenn eine externe Maschine durch eine ansteigende Flanke anstelle eines hohen Eingangsniveaus ausgelöst wird.

13.21 Befehl: Thread



Ein Thread ist ein paralleler Prozess zum Roboterprogramm. Ein Thread kann zur Steuerung einer externen Maschine, unabhängig vom Roboterarm, eingesetzt werden. Ein Thread kann mithilfe von Variablen und Ausgangssignalen mit dem Roboterprogramm kommunizieren.

13.22 Befehl: Muster



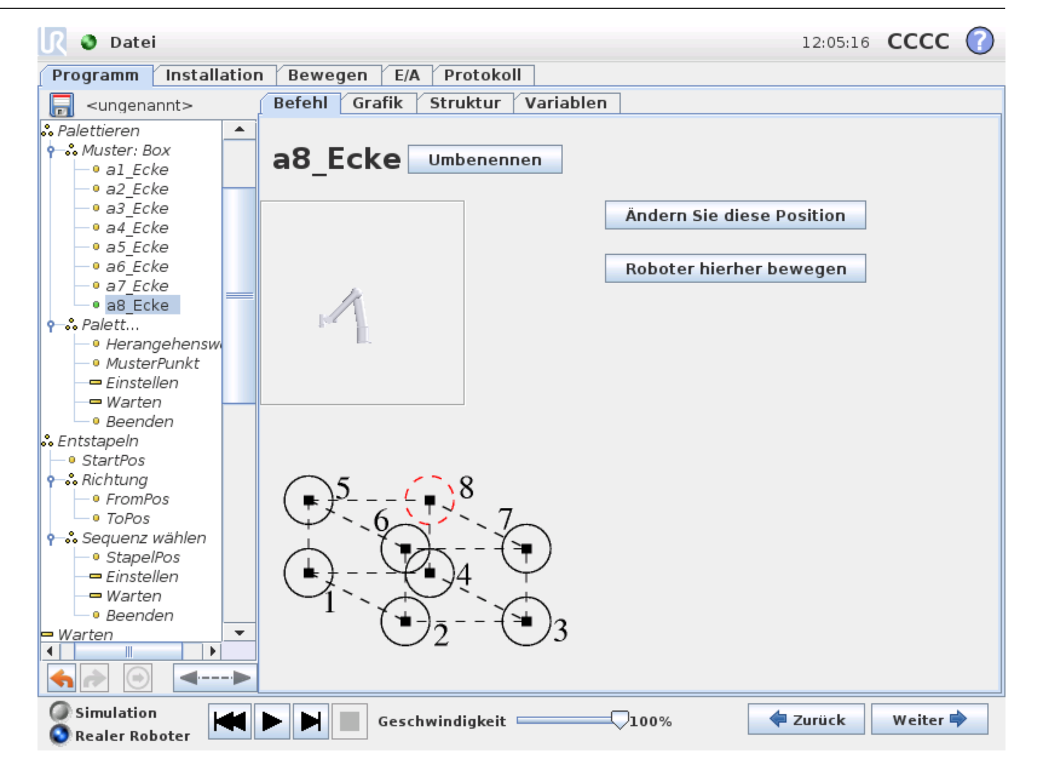
Der Befehl „Muster" kann eingesetzt werden, um die Positionen im Roboterprogramm durchzulaufen. Der Befehl „Muster" entspricht bei jeder Ausführung einer Position.

Ein Muster kann aus Punkten in einer Linie, in einem Quadrat, in einer Box oder nur aus einer Liste aus Punkten bestehen. Die ersten drei, nämlich „Linie", „Quadrat" oder „Box" können für Positionen in einem regelmäßigen Muster verwendet werden. Die regelmäßigen Muster werden von einer Anzahl an charakteristischen Punkten definiert, wobei die Punkte die Kanten/Ecken des Musters definieren. Für „Linie" sind dies die beiden Endpunkte, für „Quadrat" sind es drei der vier Eckpunkte, während es für „Box" vier der acht Eckpunkte sind. Der Programmierer gibt die Anzahl der Positionen entlang jeder der Ecken im Muster ein. Die Robotersteuerung errechnet dann die einzelnen Musterpositionen, indem die Eckenvektoren proportional addiert werden.

Wenn die durchlaufenen Positionen nicht in ein regelmäßiges Muster fallen, kann man „Liste" wählen und sich der von den Programmierern bereitgestellten Positionen bedienen. Auf diese Weise kann jede Art von Positionierung realisiert werden.

Muster definieren

Bei Wahl des „Box"-Musters wechselt der Bildschirm zu dem unten gezeigten.



Ein „Box"-Muster verwendet drei Vektoren, um die Seite der Box zu definieren. Diese drei Vektoren sind als vier Punkte gegeben, wobei der erste Vektor von Punkt ein bis Punkt zwei, der zweite von Punkt zwei bis Punkt drei und der dritte von Punkt drei bis Punkt vier geht. Jeder Vektor wird durch die Anzahl der Punkte in dem angegebenen Intervall dividiert. Jede Position im Muster wird durch das proportionale Addieren der Intervektoren berechnet.

Das „Linie"- und „Quadrat"-Muster funktioniert ähnlich.

Eine Zähler-Variable wird beim Durchgehen der Positionen im Muster verwendet. Der Name der Variablen wird auf dem Befehlsbildschirm `Muster` angezeigt. Die Variable durchläuft die Zahlen von 0 bis $X * Y * Z - 1$, die Anzahl der Punkte in den Mustern. Diese Variable kann mit Zuweisungen manipuliert und in Ausdrücken verwendet werden.

13.23 Befehl: Kraft

Der Kraftmodus (Force) ermöglicht eine Positionsanpassung und Kraftanwendung in der ausgewählten Achse im Arbeitsbereich des Roboters. Alle Roboterarmbewegungen im Rahmen eines Force-Befehls erfolgen im Kraftmodus. Bei Bewegung des Roboterarms im Kraftmodus können eine oder mehrere Achsen ausgewählt werden, in denen vom Roboter eine Positionsanpassung vorgenommen wird. An/um diese/n angepassten Achsen folgt der Roboterarm der Umgebung, d. h. er passt seine Position so an, dass die gewünschte Kraft erreicht wird. Der Roboterarm kann auch selbst auf seine Umgebung, z. B. ein Werkstück, Kraft ausüben.

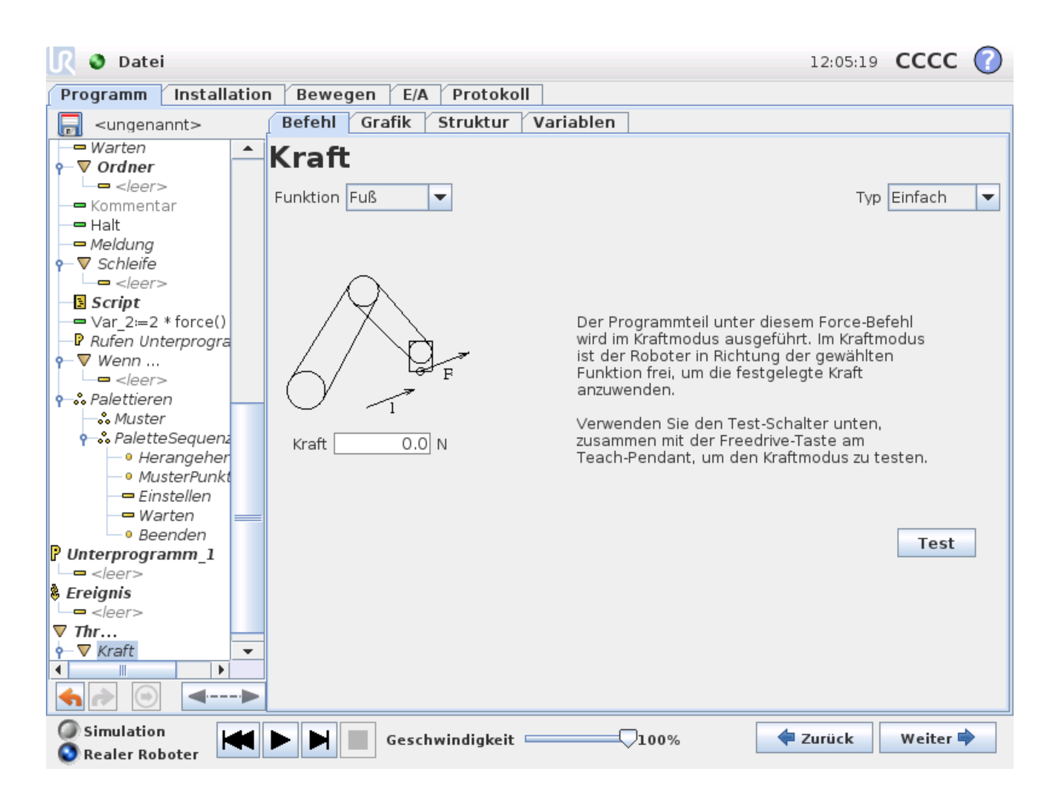
Der Kraftmodus eignet sich für Anwendungen, wo die eigentliche TCP-Position entlang einer vorgegebenen Achse nicht so wichtig ist und eher eine bestimmte Kraft entlang dieser Achse angewendet werden soll. Wenn zum Beispiel der Roboter-TCP auf eine gekrümmte Oberfläche trifft oder beim Schieben oder Ziehen

eines Werkstücks. Mit dem Kraftmodus können auch bestimmte Drehmomente um vorgegebene Achsen herum angewendet werden. Bitte beachten Sie, dass wenn der Roboterarm in einer Achse, für die eine Kraft ungleich null eingestellt ist, auf keinerlei Hindernisse trifft, beschleunigt er die Bewegung entlang/an dieser Achse.

Auch wenn eine Achse als angepasst eingestellt wurde, bewegt das Roboterprogramm den Robert entlang/um diese/r Achse. Mithilfe der Kraftregelung ist jedoch sichergestellt, dass der Roboterarm die vorgegebene Kraft dennoch erreicht.



WARNUNG:
Wird die Force-Funktion falsch verwendet, kann sie eine Kraft von mehr als 150N produzieren. Die programmierte Kraft sollte während der Risikobewertung berücksichtigt werden.



Auswahl von Merkmalen

Im Funktionsauswahlmenü wird das vom Roboter während des Betriebs im Kraftmodus zu verwendende Koordinatensystem (Achsen) ausgewählt. Die im Menü enthaltenen Funktionen sind die, die bei der Installation festgelegt wurden, siehe 12.12.

Kraftmodustyp

Es gibt vier verschiedene Kraftmodustypen, die bestimmen, wie die ausgewählte Funktion jeweils interpretiert wird.

- **Einfach**: In diesem Kraftmodus ist nur eine Achse angepasst. Die Kraftanwendung entlang dieser Achse ist anpassbar. Die gewünschte Kraft wird immer

entlang der Z-Achse der ausgewählten Funktion angewendet. Bei Linienfunktionen geschieht dies entlang der Y-Achse.

- **Rahmen**: Der Rahmen-Kraftmodus ermöglicht eine erweiterte Anwendung. Die Positionsanpassung und die Kräfte in allen sechs Freiheitsgraden können hier unabhängig voneinander eingestellt werden.
- **Punkt**: Bei Auswahl des Punkt-Kraftmodus verläuft die Y-Achse des Task-Rahmens vom Roboter-TCP zum Origo der ausgewählten Funktion. Der Abstand zwischen dem Roboter-TCP und dem Origo der ausgewählten Funktion muss mindestens 10 cm betragen. Bitte beachten Sie, dass sich der Task-Rahmen während der Ausführung mit der Position des Roboter-TCPs ändert. Die X- und Z-Achse des Task-Rahmens sind von der ursprünglichen Ausrichtung der ausgewählten Funktion abhängig.
- **Bewegung**: Bewegung bedeutet, dass sich der Task-Rahmen mit der Richtung der TCP-Bewegung verändert. Die X-Achse des Task-Rahmens ist eine Projektion der TCP-Bewegungsrichtung auf der Ebene zwischen X- und Y-Achse der ausgewählten Funktion. Die Y-Achse ist lotrecht zur Bewegung des Roboterarms und in der X-Y-Ebene der ausgewählten Funktion. Dies kann beim Entgraten entlang eines komplexen Pfades hilfreich sein, wo eine zur TCP-Bewegung lotrechte Kraft gebraucht wird. Falls sich der Roboterarm nicht bewegt: Wird in den Kraftmodus übergegangen, wenn der Roboterarm stillsteht, gibt es, bis die TCP-Geschwindigkeit über null liegt, keine angepassten Achsen. Wenn der Roboterarm später, immer noch im Kraftmodus, wieder stillsteht, hat der Task-Rahmen die gleiche Ausrichtung wie zu dem Zeitpunkt, als die TCP-Geschwindigkeit das letzte Mal über null lag.

Für die letzten drei Kraftmodustypen wird der tatsächliche Task-Rahmen während der Ausführung im Tab „Grafik“ (13.27) angezeigt, wenn der Roboter im Kraftmodus betrieben wird.

Kraftwertauswahl

Der Kraftwert kann sowohl für angepasste als auch nicht-angepasste Achsen ausgewählt werden, mit unterschiedlicher Wirkung.

- **Angepasst**: Der Roboterarm passt seine Position an, um die vorgegebene Kraft zu erreichen.
- **Nicht angepasst**: Der Roboterarm folgt seiner vom Programm vorgegebenen Bahn und wendet eine externe Kraft der hier eingegebenen Stärke auf.

Für Übersetzungsparameter wird die Kraft in Newton [N] angegeben, für Rotationsparameter wird das Drehmoment in Newtonmeter [Nm] angegeben.

Grenzwertauswahl

Für alle Achsen können Grenzwerte eingegeben werden, die allerdings, je nachdem, ob die Achse angepasst ist oder nicht, verschiedene Bedeutung haben.

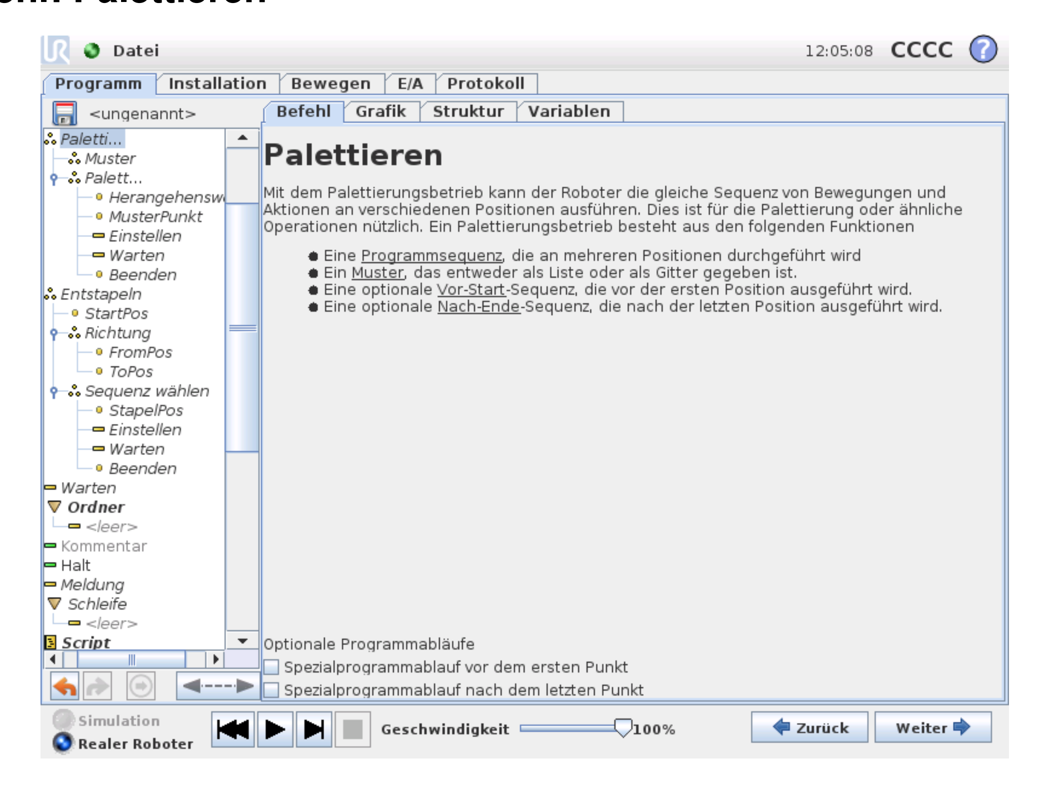
- **Angepasst**: Der Grenzwert gibt die maximal zulässige Geschwindigkeit des TCP entlang/an der Achse an. Die Einheiten sind [mm/s] und [deg/s].
- **Nicht angepasst**: Der Grenzwert gibt die maximal zulässige Abweichung von der vom Programm vorgegebenen Bahn an, über welcher ein Sicherheitsstopp des Roboters ausgelöst wird. Die Einheiten sind [mm] und [deg].

Testkrafteinstellungen

Über den als „Test" gekennzeichneten Ein-/Aus-Schalter wird die Freedrive-Taste hinten am Teach Pendant vom normalen Freedrive-Modus auf Testen des Force-Befehls umgeschaltet.

Wenn bei eingeschaltetem Test-Schalter die Freedrive-Taste hinten am Teach Pendant gedrückt wird, führt der Roboter den Force-Befehl ohne Durchlauf des Programms direkt aus, sodass die Einstellungen vor der eigentlichen Ausführung des Programms geprüft werden können. Diese Funktion ist besonders nützlich, um sicherzustellen, dass angepasste Achsen und Kräfte korrekt ausgewählt und eingestellt wurden. Halten Sie den Roboter-TCP einfach mit einer Hand, drücken Sie mit der anderen Hand die Freedrive-Taste und beobachten Sie, in welche Richtungen der Roboterarm bewegt oder nicht bewegt werden kann. Nach Verlassen dieses Bildschirms wird der Teach Test-Schalter automatisch abgeschaltet, so dass die Freedrive-Taste hinten am Teach Pendant wieder für den freien Freedrive-Modus genutzt werden kann. Hinweis: Die Freedrive-Taste ist nur wirksam, wenn für den Force-Befehl eine gültige Funktion ausgewählt wurde.

13.24 Befehl: Palettieren



Ein Palettenbetrieb kann eine Reihe von Bewegungen an bestimmten Stellen durchführen,



die als Muster vorgegeben sind, siehe Beschreibung in 13.22. An jeder Stelle im Muster wird die Abfolge von Bewegungen in Relation zur Position im Muster durchgeführt.

Programmierung eines Palettenbetriebs

Die durchzuführenden Schritte lauten wie folgt;

1. Festlegung eines Musters.
2. Führen Sie eine „Palettenabfolge" für die Aufnahme/das Ablegen an jeder einzelnen Stelle durch. Die Abfolge beschreibt was an jeder Position im Muster durchzuführen ist.
3. Verwenden Sie das Auswahlwerkzeug im Menü Abfolgebefehl, um festzulegen welcher der Wegpunkte in der Abfolge welcher Position im Muster entsprechen soll.

Palettenabfolge/Verankerbare Abfolge

In einer Palettenabfolgelinie sind die Bewegungen des Roboterarms auf die Position der Palette bezogen. Das Verhalten einer Abfolge ist so, dass sich der Roboterarm an der durch das Muster vorgegebenen Position befinden wird, in der `Verankerungsposition`. Die verbleibenden Positionen werden alle verschoben, damit dies passt.

Verwenden Sie bitte den Befehl `Move` nicht innerhalb einer Abfolge, da dieser nicht relativ zur Verankerungsposition erfolgen wird.

„VorStart"

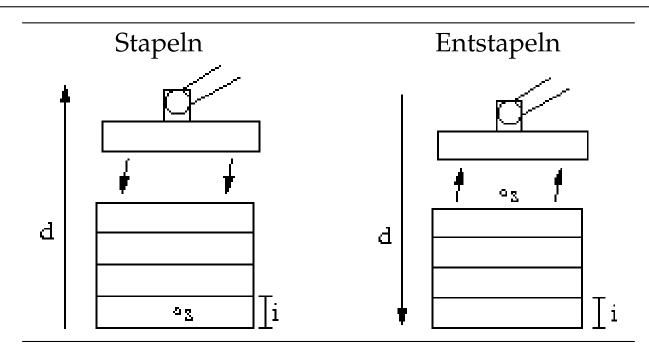
Die optionale `VorStart`-Abfolge wird kurz vor Anfang des Stapelvorgangs ausgeführt. Dies kann genutzt werden, um auf Freigabesignale zu warten.

„NachEnde"

Die optionale `NachEnde`-Abfolge wird kurz nach Ende des Stapelvorgangs ausgeführt. Dies kann eingesetzt werden, um zu signalisieren, dass die Bewegung des Förderers beginnen kann. Dies erfolgt in Vorbereitung auf die nächste Palette.

13.25 Befehl: Suchen

Die Suchfunktion verwendet einen Sensor, um zu bestimmen, wann die korrekte Position erreicht ist, um ein Element zu fassen oder loszulassen. Der Sensor kann ein Drucktastenschalter, ein Drucksensor oder ein kapazitiver Sensor sein. Diese Funktion ist für Arbeiten an Stapeln aus Artikeln mit unterschiedlicher Dicke konzipiert, oder wenn die genauen Positionen der Artikel nicht bekannt oder schwierig zu programmieren sind.



Bei der Programmierung einer Stapelvorgang, ist der Ausgangspunkt *s*, die Stapelrichtung *d* und die Dicke der Elemente auf dem Stapel *i* zu definieren.

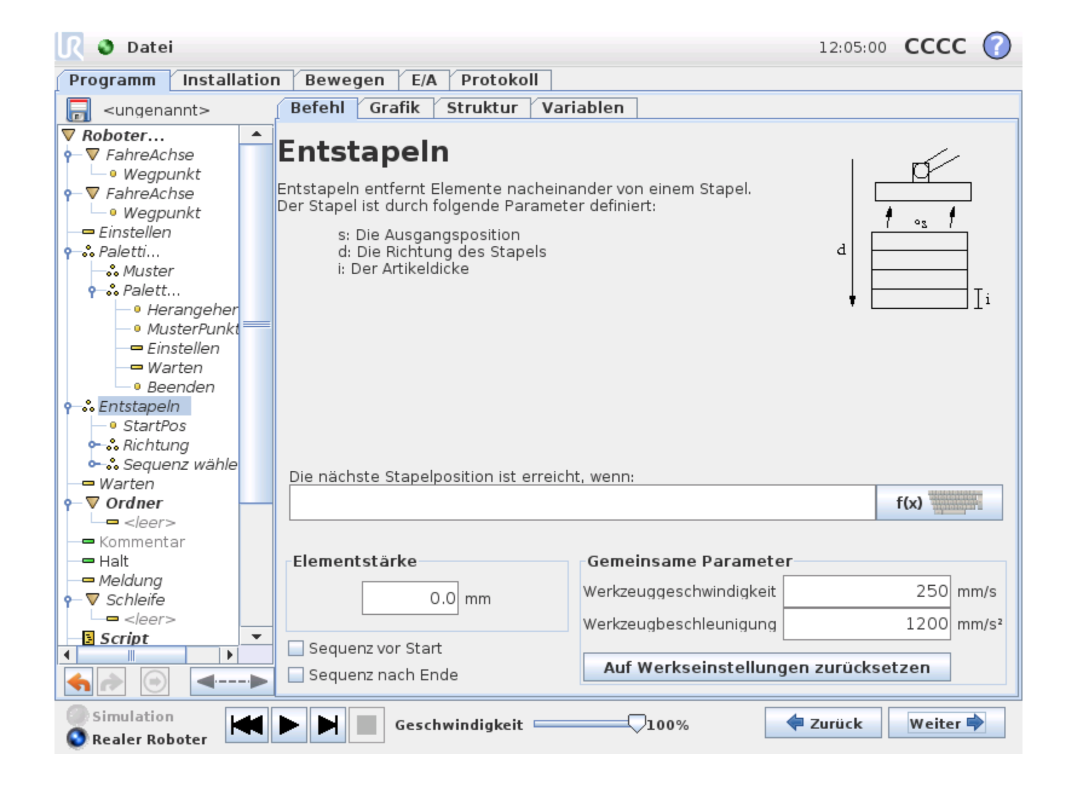
Dazu ist die Voraussetzung für die nächste Stapelposition sowie eine spezielle Programmabfolge, die an jeder Stapelposition ausgeführt wird, zu definieren. Auch Geschwindigkeit und Beschleunigungen müssen für die Bewegung im Stapel bestimmt werden.

Stapeln



Beim Stapeln bewegt sich der Roboterarm in die Ausgangsposition und dann *gegen* die Richtung, um die nächste Stapelposition zu suchen. Wenn gefunden, merkt sich der Roboter die Position und führt die spezielle Abfolge aus. Das nächste Mal startet der Roboter die Suche aus dieser Position, erweitert mit der Dicke des Elements in der Stapelrichtung. Das Stapeln ist beendet, wenn die Stapelhöhe eine bestimmte Anzahl erreicht oder wenn ein Sensor ein Signal gibt.

Entstapeln

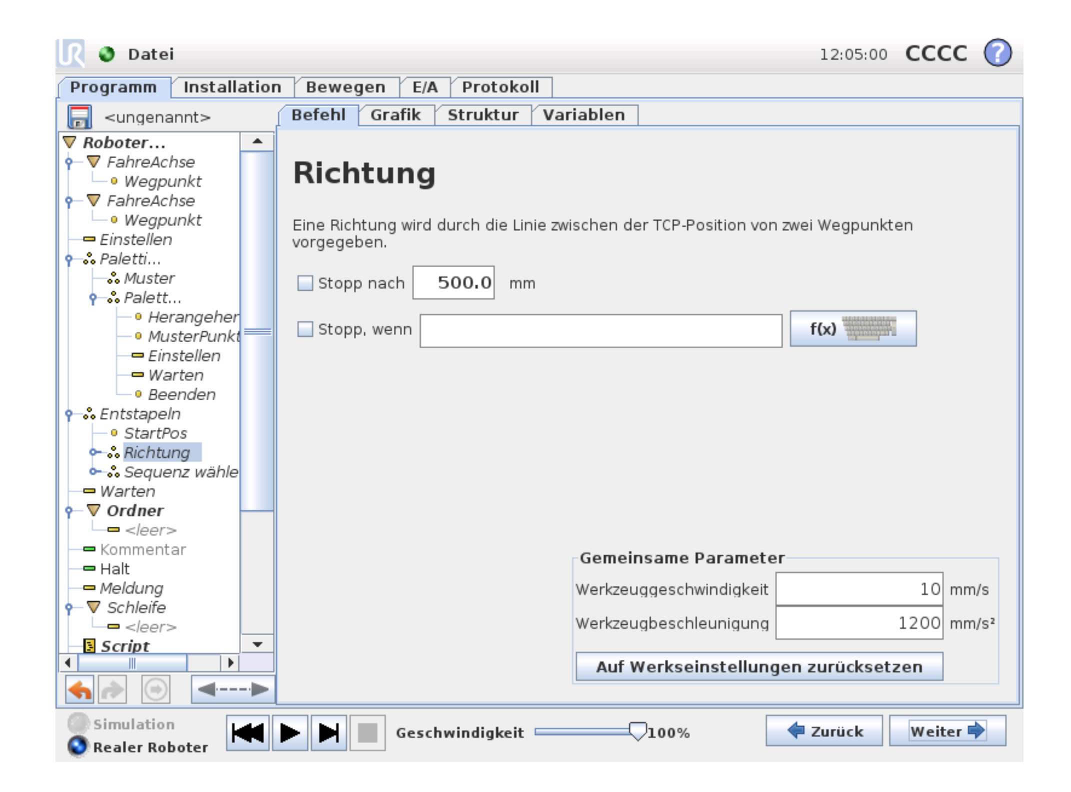


Beim Entstapeln bewegt sich der Roboterarm von der Ausgangsposition in die angegebene Richtung, um nach dem nächsten Element zu suchen. Die Voraussetzung auf dem Bildschirm bestimmt, wann das nächste Element erreicht wird. Wenn die Voraussetzung erfüllt wird, merkt sich der Roboter die Position und führt die spezielle Abfolge aus. Das nächste Mal startet der Roboter die Suche aus dieser Position, erweitert mit der Dicke des Elements in der Stapelrichtung.

Ausgangsposition

Das Stapeln beginnt mit der Ausgangsposition. Wenn die Ausgangsposition weggelassen wird, fängt das Stapeln an der aktuellen Position des Roboterarms an.

Richtung



Die Richtung wird durch zwei Punkte angezeigt und ist als Differenz aus der ersten TCP Punkt zu einem anderen Punkt TCP berechnet. Hinweis: Eine Richtung berücksichtigt nicht die Ausrichtung der Punkte.

Ausdruck der nächsten Stapel-Position

Der Roboterarm bewegt sich entlang des Richtungsvektors während er fortlaufend bewertet, ob die nächste Stapel-Position erreicht worden ist. Wenn der Ausdruck als `True` bewertet wird, wird die spezielle Abfolge ausgeführt.

„VorStart"

Die optionale `VorStart`-Abfolge wird kurz vor Anfang des Stapelvorgangs ausgeführt. Dies kann genutzt werden, um auf Freigabesignale zu warten.

„NachEnde"

Die optionale `NachEnde`-Abfolge wird kurz nach Ende des Stapelvorgangs ausgeführt. Dies kann genutzt werden, um dem Förderer ein Signal zur Vorbereitung auf den nächsten Stapel zu geben.

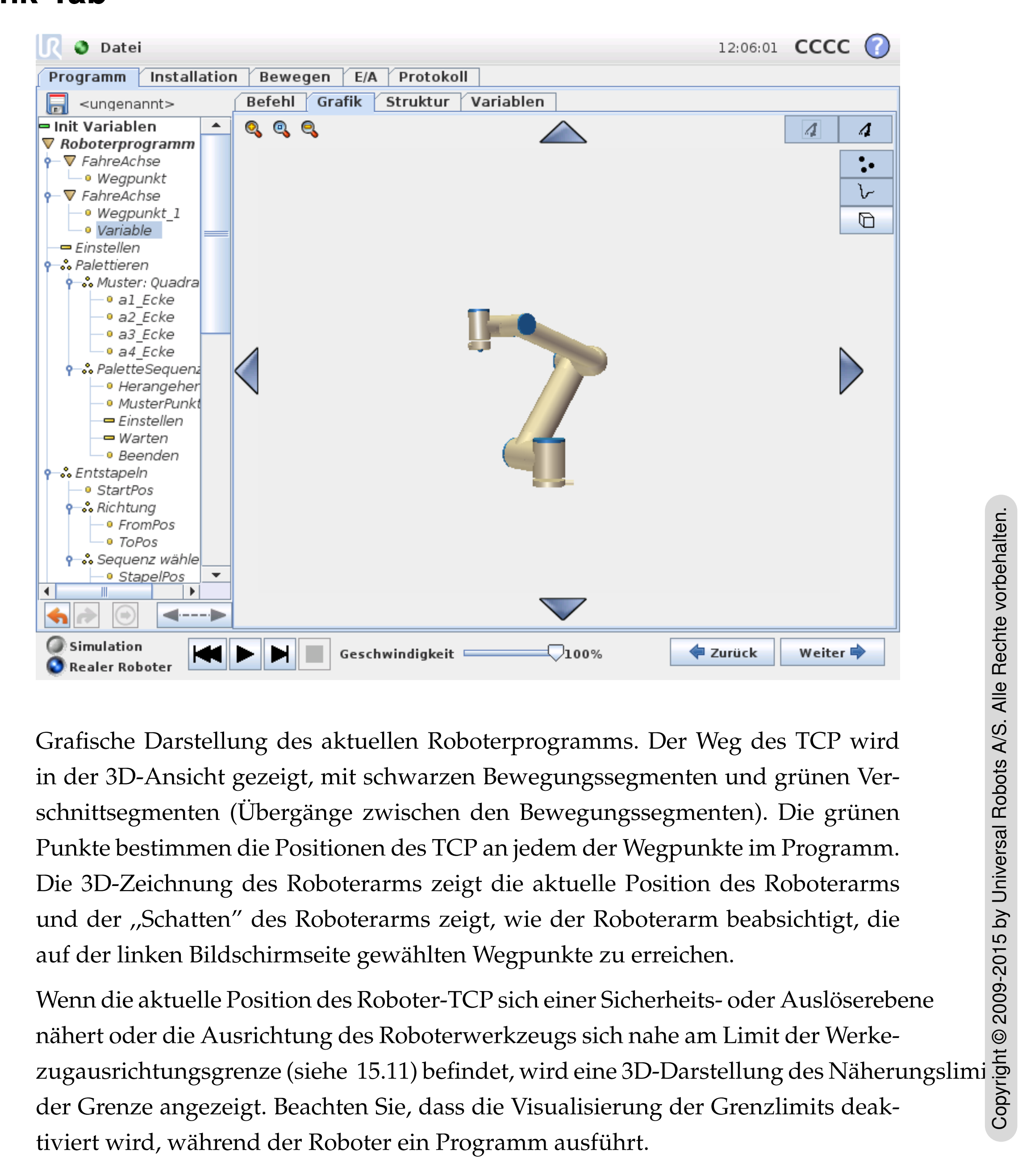
Einlege/Entnahme Sequenz

Wie beim Palettenbetrieb (13.24) wird an jeder Stapelposition eine spezielle Programmabfolge ausgeführt.

13.26 Befehl: Unterdrücken

Unterdrückte Programmzeilen werden einfach übersprungen, wenn das Programm ausgeführt wird. Die Unterdrückung einer unterdrückten Zeile kann zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgehoben werden. Dies ist ein schneller Weg, um Änderungen an einem Programm vorzunehmen, ohne die ursprünglichen Inhalte zu zerstören.

13.27 Grafik-Tab



Grafische Darstellung des aktuellen Roboterprogramms. Der Weg des TCP wird in der 3D-Ansicht gezeigt, mit schwarzen Bewegungssegmenten und grünen Verschnittsegmenten (Übergänge zwischen den Bewegungssegmenten). Die grünen Punkte bestimmen die Positionen des TCP an jedem der Wegpunkte im Programm. Die 3D-Zeichnung des Roboterarms zeigt die aktuelle Position des Roboterarms und der „Schatten" des Roboterarms zeigt, wie der Roboterarm beabsichtigt, die auf der linken Bildschirmseite gewählten Wegpunkte zu erreichen.

Wenn die aktuelle Position des Roboter-TCP sich einer Sicherheits- oder Auslöserebene nähert oder die Ausrichtung des Roboterwerkzeugs sich nahe am Limit der Werkezugausrichtungsgrenze (siehe 15.11) befindet, wird eine 3D-Darstellung des Näherungslimi der Grenze angezeigt. Beachten Sie, dass die Visualisierung der Grenzlimits deaktiviert wird, während der Roboter ein Programm ausführt.

Sicherheitsebenen werden in Gelb und Schwarz zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der für die Ebene Normal steht, was angibt, auf welcher Seite der Ebene der Roboter-TCP positioniert werden darf. Auslöserebenen werden in Blau und Grün zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der auf die Seite der Ebene zeigt, auf der die Grenzen des Modus *Normal* (siehe 15.5) aktiv sind. Das Limit der

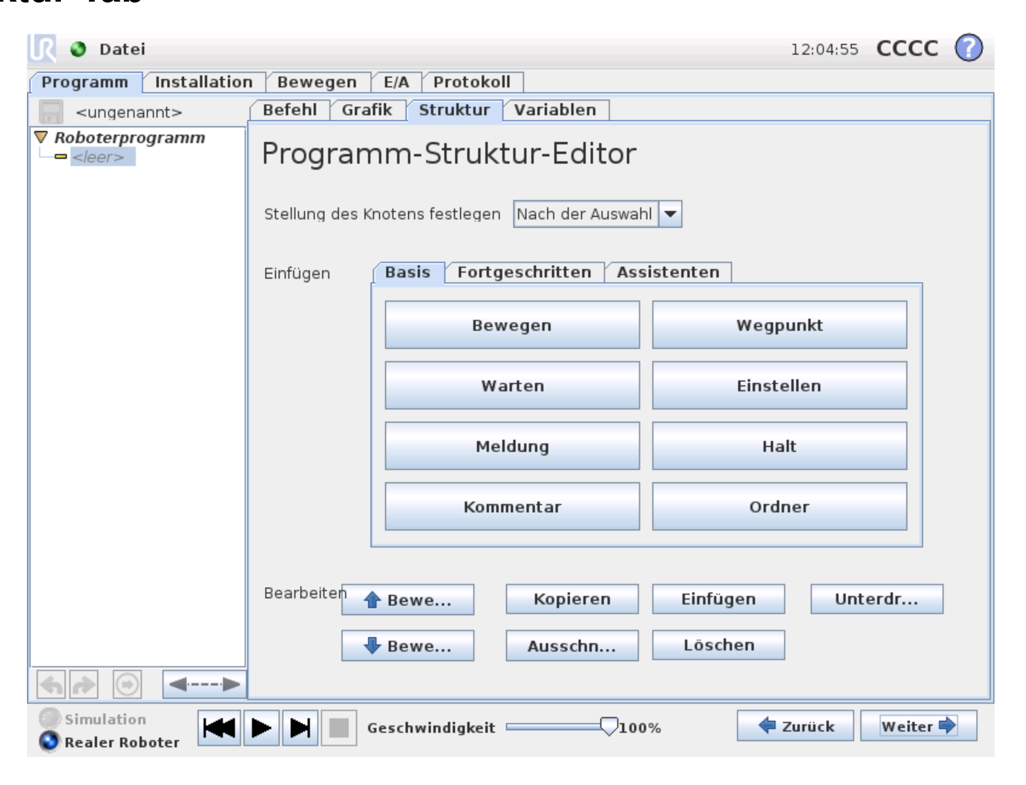
Werkzeugausrichtungsgrenze wird anhand eines sphärischen Kegels visualisiert, wobei ein Vektor die aktuelle Ausrichtung des Roboterwerkzeugs anzeigt. Das Innere des Kegels repräsentiert den zulässigen Bereich für die Werkzeugausrichtung (Vektor).

Wenn der Zielroboter-TCP sich nicht mehr in Nähe zum Limit befindet, verschwindet die 3D-Darstellung. Wenn der TCP ein Grenzlimit verletzt oder dem sehr nahe ist, wird die Visualisierung des Limits rot.

Die 3D-Ansicht kann vergrößert und gedreht werden, um den Roboterarm besser sehen zu können. Die Schaltflächen oben rechts im Bildschirm können die verschiedenen grafischen Komponenten in der 3D-Ansicht deaktivieren. Die Schaltfläche unten schaltet die Visualisierung von Limits von Näherungsgrenzen ein/aus.

Die gezeigten Bewegungssegmente hängen vom gewählten Programmknoten ab. Wenn ein `Move`-Knoten ausgewählt wird, ist der angezeigte Pfad die mit diesem Move definierte Bewegung. Wenn ein `Wegpunkt`-Knoten gewählt wird, zeigt das Display die folgenden $\sim$ 10 Bewegungsschritte.

13.28 Struktur-Tab



Im Tab „Struktur" kann man die verschiedenen Befehlsarten einfügen, verschieben, kopieren und/oder entfernen.

Um neue Befehle einzufügen, gehen Sie wie folgt vor:

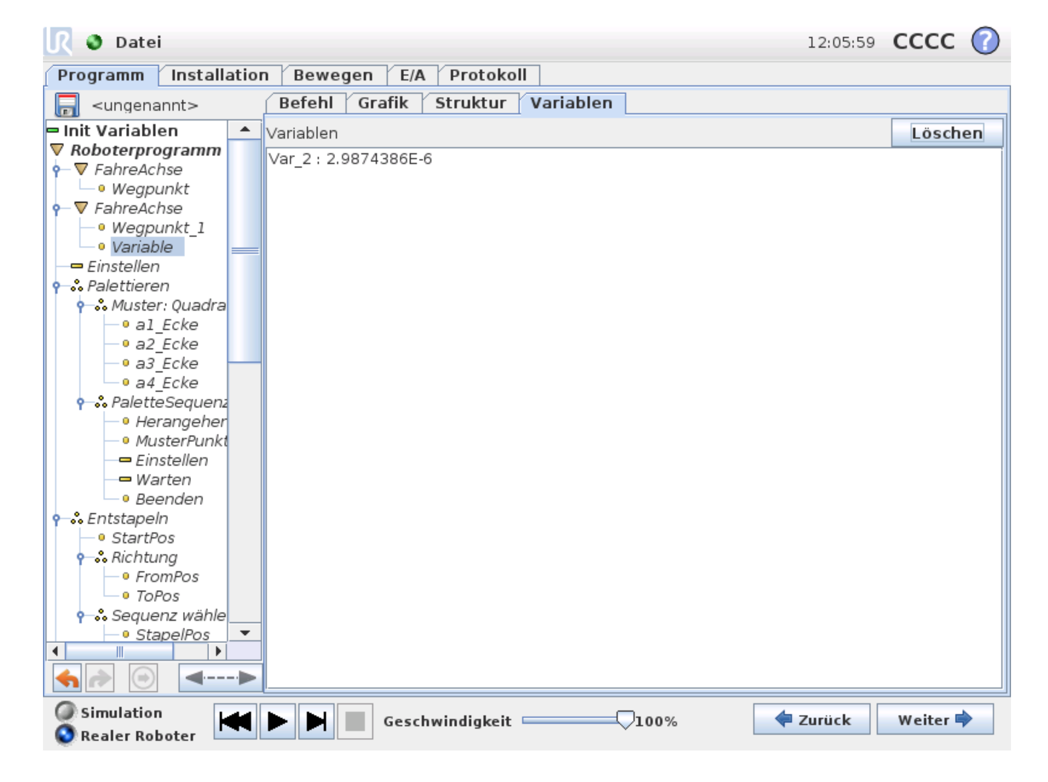
1. Wählen Sie einen vorhandenen Programmbefehl.
2. Wählen Sie, ob der neue Befehl über oder unter dem gewählten Befehl eingefügt werden soll.
3. Drücken Sie die Schaltfläche für die Befehlsart, die Sie einfügen möchten. Öffnen Sie zur Einstellung der Details des neuen Befehls den Tab `Command`.



Befehle können mit Hilfe der Schaltflächen im Bearbeitungsrahmen verschoben/kopiert/gelöscht werden. Wenn ein Befehl über Unterbefehle verfügt (ein Dreieck neben dem Befehl) werden alle Unterbefehle ebenfalls verschoben/kopiert/gelöscht.

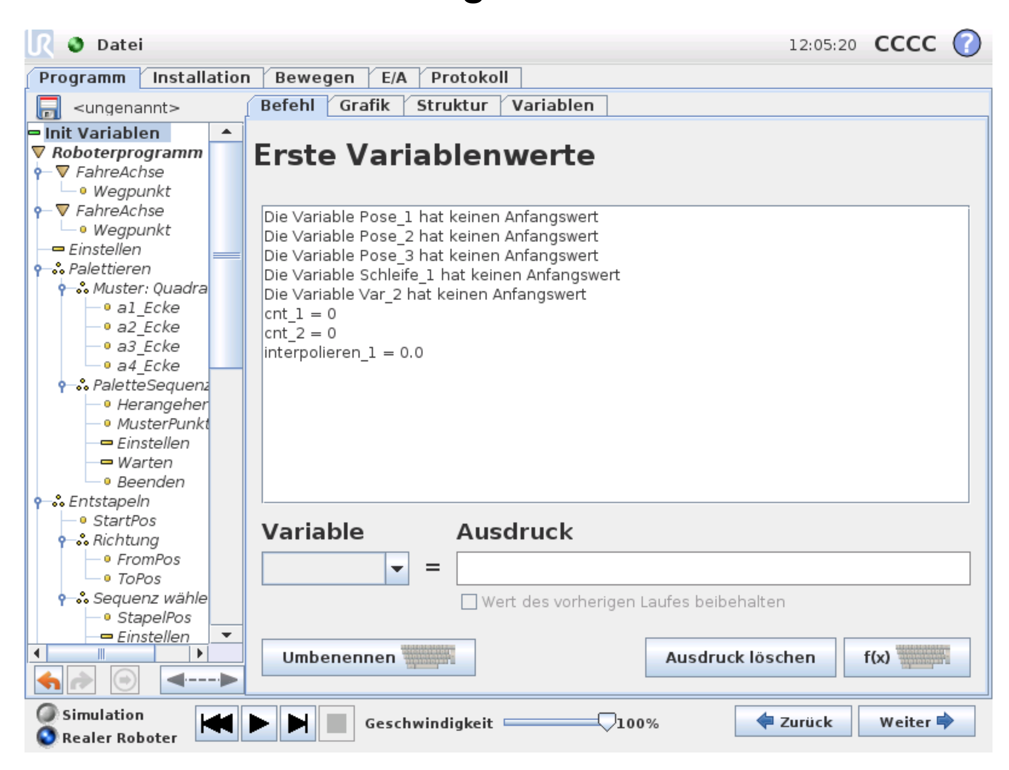
Nicht alle Befehle passen an alle Stellen in einem Programm. `Wegpunkte` müssen unter einem Move-Befehl stehen (nicht notwendigerweise direkt darunter). `SonstWenn`- und `Sonst`-Befehle müssen nach dem Befehl `Wenn` folgen. Im Allgemeinen kann die Verschiebung von `SonstWenn`-Befehlen zu Verwirrungen führen. Variablen müssen Werte zugeordnet werden, bevor diese verwendet werden.

13.29 Registerkarte „Variablen”



Die Registerkarte „Variablen” zeigt die Live-Werte von Variablen im laufenden Programm und führt eine Liste von Variablen und Werten zwischen Programmverläufe auf. Sie erscheint, wenn sie anzuzeigende Informationen enthält. Alle Variablen sind alphabetisch nach ihren Namen geordnet. Die Variablenbezeichnungen werden in diesem Bildschirm mit höchstens 50 Stellen und die Variablenwerte mit höchstens 500 Stellen angezeigt.

13.30 Befehl: Variablen Initialisierung



Dieser Bildschirm ermöglicht die Einstellung von Variablen-Werten, bevor das Programm (und alle Threads) ausgeführt wird.

Wählen Sie eine Variable aus der Liste der Variablen, indem Sie darauf klicken, oder indem Sie die Variablen-Auswahlbox verwenden. Für eine ausgewählte Variable kann ein Ausdruck eingegeben werden, mit dem der Variablen-Wert bei Programmanfang festgelegt wird.

Bei Wahl des Kontrollkästchens „Vorzugsweise Wert aus der letzten Ausführung beibehalten" wird die Variable auf den Wert initialisiert, der aus dem Tab `Variable` hervorgeht, wie im Abschnitt 13.29 beschrieben. So können Variable Ihre Werte zwischen Programmausführungen beibehalten. Die Variable erhält ihren Wert von dem Ausdruck bei erstmaliger Ausführung des Programms oder wenn der Tab-Wert gelöscht wurde.

Eine Variable kann aus dem Programm gelöscht werden, indem ihr Namensfeld leer gelassen wird (nur Leerschritte).

14 Setup-Bildschirm



- **Roboter initialisieren** Führt Sie zum Initialisierungsbildschirm, siehe 10.4.
- **Sprache und Einheiten** Konfigurieren Sie die Sprache und die Maßeinheiten der Benutzeroberfläche, siehe 14.1.
- **Roboter aktualisieren** Aktualisiert die Robotersoftware auf eine neuere Version, siehe 14.2.
- **Passwort festlegen** Bietet die Möglichkeit zur Sperrung des Programmierteils des Roboters für Personen ohne Passwort, siehe 14.3.
- **Bildschirm kalibrieren** Kalibriert die „Berührung" des Touch-Screens, siehe 14.4.
- **Netzwerk einrichten** Öffnet eine Schnittstelle zur Einrichtung des Ethernet-Netzwerks für das Robotersteuergerät, siehe 14.5.
- **Uhrzeit einstellen** Stellt die Uhrzeit und das Datum für das System ein und konfiguriert die Anzeigeformate für die Uhr, siehe 14.6.
- **Zurück** Führt Sie zum Startbildschirm zurück.

14.1 Sprachen und Einheiten



Auf diesem Bildschirm können die in PolyScope verwendeten Sprachen und Einheiten ausgewählt werden. Die ausgewählte Sprache wird für den sichtbaren Text auf den verschiedenen Bildschirmen von PolyScope sowie in der eingebetteten Hilfe verwendet. Kreuzen Sie „Englische Programmierung" an, damit die Namen der Befehle in Roboterprogrammen in Englisch angezeigt werden. PolyScope muss neu gestartet werden, um Änderungen wirksam zu machen.

14.2 Roboter aktualisieren



Softwareaktualisierungen können über USB-Sticks installiert werden. Stecken Sie einen USB-Stick ein und klicken Sie auf **Suchen**, um dessen Inhalt anzuzeigen. Um eine Aktualisierung durchzuführen, wählen Sie eine Datei, klicken Sie auf **Aktualisieren** und folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm.



WARNUNG:
Prüfen Sie nach einer Softwareaktualisierung stets Ihre Programme. Die Aktualisierung könnte Bahnen in Ihrem Programm verändert haben. Die aktualisierten Softwarespezifikationen können durch Drücken der Schaltfläche „?" rechts oben in der GUI aufgerufen werden. Hardwarespezifikationen bleiben unverändert und können dem Originalhandbuch entnommen werden.

14.3 Passwort festlegen



Zwei Passwörter werden unterstützt. Das erste ist ein *optionales* Systempasswort, das die Konfiguration des Roboters vor nicht autorisierten Änderungen schützt. Wenn ein Systempasswort eingerichtet ist, können Programme zwar ohne Passwort geladen und ausgeführt werden, aber zur Erstellung und Änderung von Programmen muss das Passwort eingegeben werden.

Das zweite ist ein *erforderliches* Sicherheitspasswort, das eingegeben werden muss, um die Sicherheitseinstellungen ändern zu können.

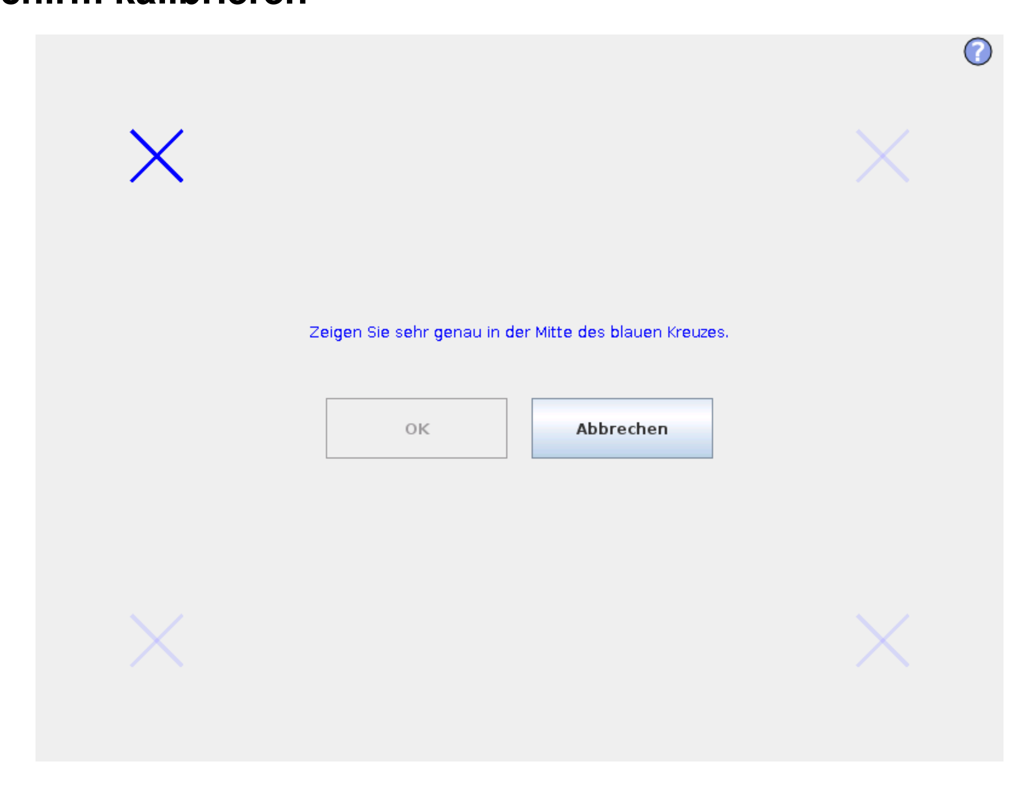


HINWEIS:
Um die Sicherheitskonfiguration ändern zu können, muss das Sicherheitspasswort festgelegt sein.



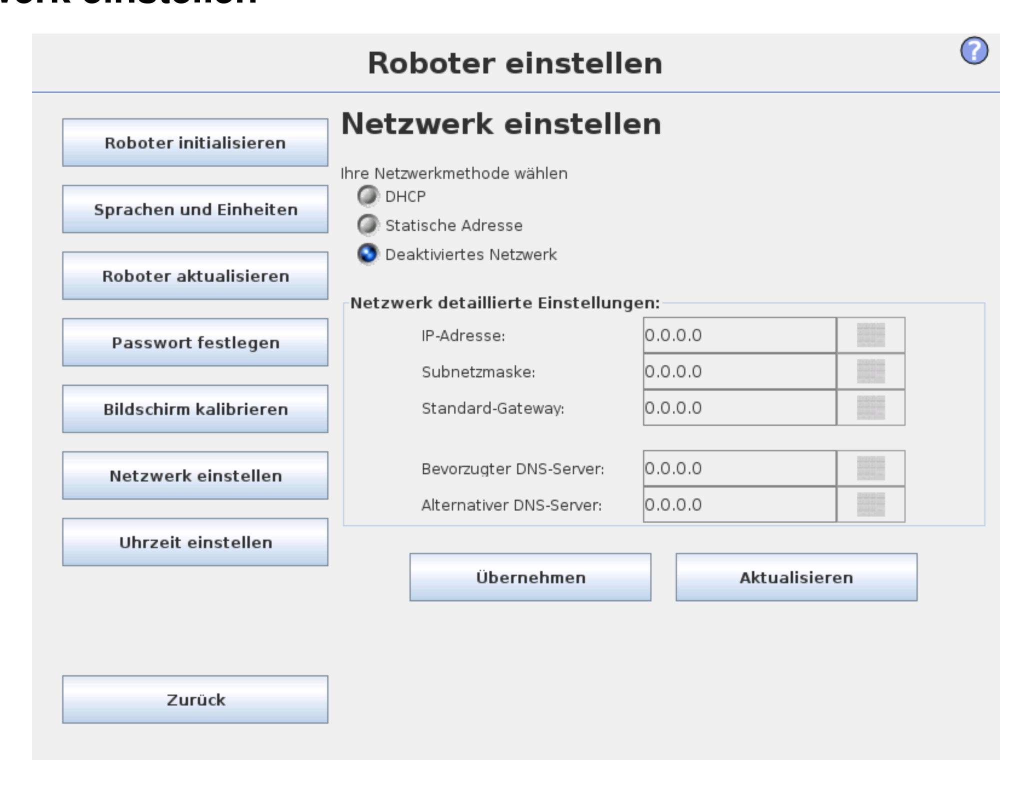
WARNUNG:
Fügen Sie ein Systempasswort hinzu, um zu verhindern, dass nicht autorisiertes Personal Änderungen an der Roboterinstallation vornimmt.

14.4 Bildschirm kalibrieren



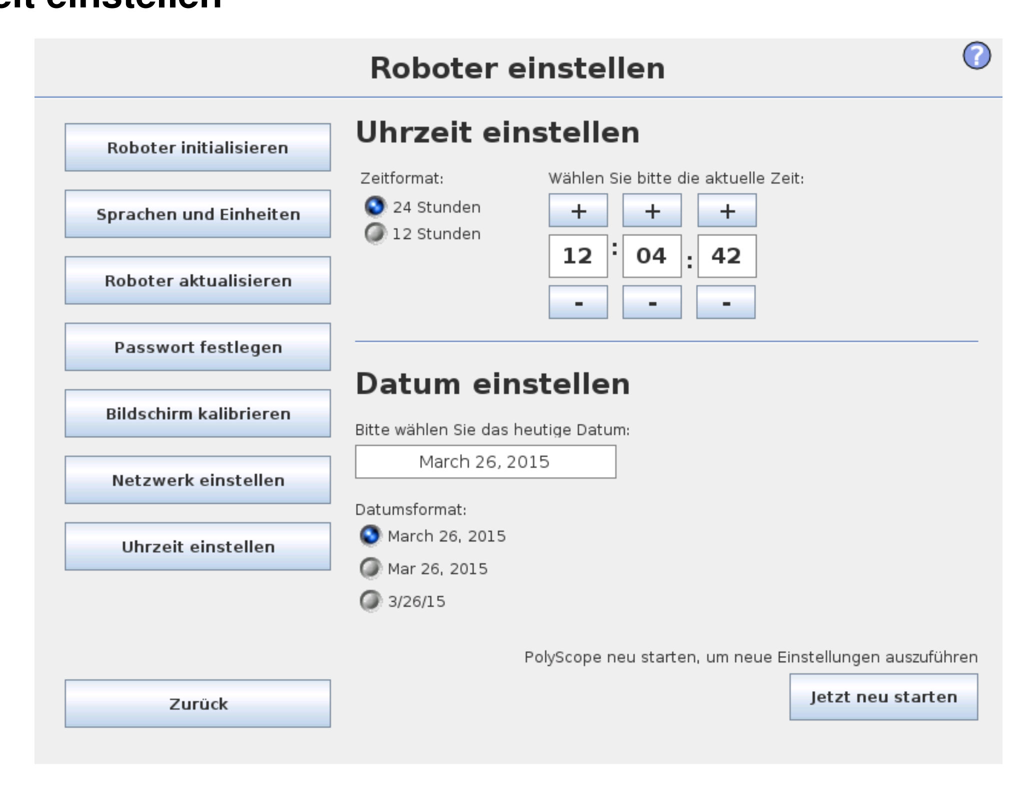
Einstellung des Touch-Screens. Befolgen Sie die Anleitung auf dem Bildschirm zur Einstellung des Touch-Screens. Verwenden Sie vorzugsweise einen spitzen, nicht metallischen Gegenstand, beispielsweise einen geschlossenen Stift. Durch Geduld und Sorgfalt lässt sich ein besseres Ergebnis erzielen.

14.5 Netzwerk einstellen



Feld zur Einrichtung des Ethernet-Netzwerkes. Für die grundlegenden Roboterfunktionen ist keine Ethernet-Verbindung erforderlich, sodass diese standardmäßig deaktiviert ist.

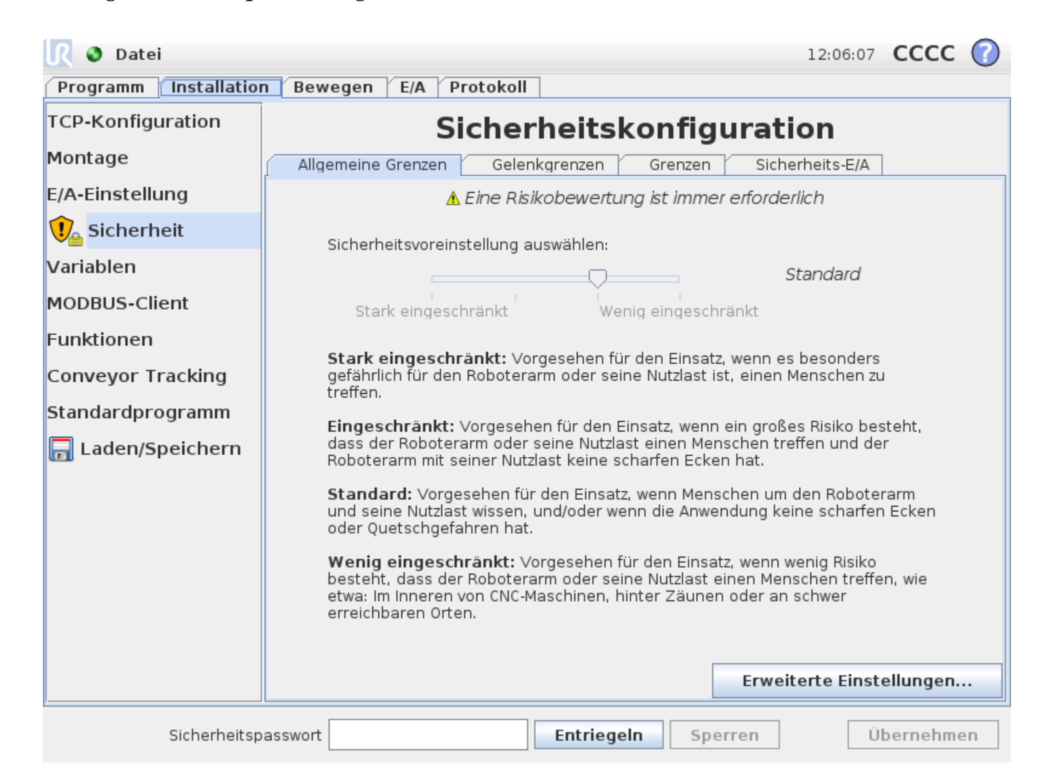
14.6 Uhrzeit einstellen



Stellen Sie die Uhrzeit und das Datum für das System ein und konfigurieren Sie die Anzeigeformate für die Uhr. Die Uhr wird im oberen Bereich der Bildschirme *Programm ausführen* und *Roboter programmieren* angezeigt. Wenn Sie die Uhr antippen, wird das Datum kurz eingeblendet. Die GUI muss neu gestartet werden, um Änderungen wirksam zu machen.

15 Sicherheitskonfiguration

Der Roboter ist mit einem fortschrittlichen Sicherheitssystem ausgestattet. Abhängig von den bestimmten Charakteristiken seines Arbeitsbereichs sind die Einstellungen für das Sicherheitssystem so zu konfigurieren, dass die Sicherheit des Personals und der Geräte im Umfeld des Roboters garantiert werden kann. Einzelheiten zum Sicherheitssystem finden Sie hier: Hardware-Installationshandbuch. Auf den `Sicherheitskonfigurations`-Bildschirm können Sie vom `Startbildschirm` aus zugreifen (siehe 10.3), indem Sie die Taste `Roboter programmieren` drücken, den Tab `Installation` auswählen und `Sicherheit` antippen. Die Sicherheitskonfiguration ist passwortgeschützt; siehe 15.7.





WARNUNG:

1. Eine Risikobewertung ist immer erforderlich.
2. Alle Sicherheitseinstellungen, auf die über diesen Bildschirm zugegriffen werden kann, sowie deren Unterregisterkarten müssen entsprechend der Risikobewertung eingestellt werden.
3. Der Integrator muss sicherstellen, dass alle Änderungen an den Sicherheitseinstellungen entsprechend der Risikobewertung vorgenommen werden.

Die Sicherheitseinstellungen bestehen aus einer Anzahl von Grenzwerten, die verwendet werden, um die Bewegungen des Roboterarms zu beschränken, und den Sicherheitsfunktionseinstellungen für die konfigurierbaren Ein- und Ausgänge. Sie werden in den folgenden Unterregisterkarten auf dem Sicherheitsbildschirm definiert:

- Die Unterregisterkarte `Allgemeine Grenzen` definiert die maximale *Kraft*, *Leistung*, *Geschwindigkeit* und den maximalen *Schwung* des Roboterarms. Wenn das Risiko, dass der Roboterarm einen Menschen trifft oder mit Teilen seiner Umgebung kollidiert, besonders hoch ist, müssen diese Einstellungen auf niedrige Werte festgelegt werden. Wenn das Risiko niedrig ist, ermöglichen es höhere allgemeine Grenzen dem Roboter, sich schneller zu bewegen und mehr Kraft auf seine Umgebung auszuüben. Für weitere Details, siehe 15.9.
- Die Unterregisterkarte `Gelenkgrenzen` besteht aus den Grenzen für die *Gelenkgeschwindigkeit* und *Gelenkposition*. Die Grenzen für die *Gelenkgeschwindigkeit* definieren die maximale Winkelgeschwindigkeit individueller Gelenke und dienen der weiteren Beschränkung der Geschwindigkeit des Roboterarms. Die Grenzen für die *Gelenkposition* definieren den zulässigen Positionsbereich der individuellen Gelenke (im Gelenkraum). Für weitere Details, siehe 15.10.
- Die Unterregisterkarte `Grenzen` definiert die Sicherheitsebenen (im kartesischen Raum) und eine Werkzeugausrichtungsgrenze für den Roboter-TCP. Die Sicherheitsebenen können entweder als harte Grenzen für die Position des Roboter-TCP oder als Auslöser für die Sicherheitsgrenzen des *Reduzierten* Modus konfiguriert werden (siehe 15.5)). Die Werkzeugausrichtungsgrenze setzt eine harte Grenze für die Ausrichtung des Roboter-TCPs. Für weitere Details, siehe 15.11.
- Die Unterregisterkarte `Sicherheits-E/A` definiert Sicherheitsfunktionen für konfigurierbare Ein- und Ausgänge (siehe 12.2). Zum Beispiel kann *Not-Aus* als ein Eingang konfiguriert werden. Für weitere Details, siehe 15.12.

15.1 Änderung der Sicherheitskonfiguration



HINWEIS:

Das empfohlene Verfahren zum Ändern der Sicherheitskonfiguration ist wie folgt:

1. Machen Sie eine Risikobewertung.
2. Stellen Sie die Sicherheitseinstellungen auf die entsprechende Stufe ein (siehe einschlägige Richtlinien und Normen in der Anleitung für das Festlegen der Sicherheitsgrenzen).
3. Testen Sie die Einstellung am Roboter.
4. Fügen Sie den folgenden Text in den Betreiberanleitungen ein: „Stellen Sie vor jeglichen Arbeiten in der Nähe des Roboters sicher, dass die Sicherheitskonfiguration wie erwartet agiert. Dies kann beispielsweise getestet werden, indem Sie die Prüfsumme in der oberen rechten Ecke des PolyScope überprüfen (siehe 15.4 in PolyScope-Handbuch)."

15.2 Sicherheitssynchronisation und Fehler

Der Status der aktiven Sicherheitskonfiguration im Vergleich zu der Roboterinstallation, die die GUI geladen hat, wird durch das Schild-Symbol neben dem Text `Sicherheit` auf der linken Seite des Bildschirms angezeigt. Diese Symbole bieten eine unkomplizierte Anzeige des aktuellen Zustands. Sie sind wie folgt definiert:

 *Konfiguration synchronisiert*: Zeigt an, dass die GUI-Installation mit der derzeit aktiven Sicherheitskonfiguration übereinstimmt. Es wurden keine Änderungen vorgenommen.

 *Konfiguration geändert*: Zeigt an, dass die GUI-Installation von der derzeit aktiven Sicherheitskonfiguration abweicht.

Bei der Bearbeitung der Sicherheitskonfiguration zeigt das Schild-Symbol an, ob die aktuellen Einstellungen übernommen wurden.

Wenn eines der Textfelder im Tab `Sicherheit` eine ungültige Eingabe enthält, befindet sich die Sicherheitskonfiguration im Fehlerzustand. Dies wird auf mehrere Arten angezeigt:

- Ein rotes Fehlersymbol erscheint neben dem Text `Sicherheit` auf der linken Seite des Bildschirms.
- Unterregisterkarten, die Fehler enthalten, werden oben mit einem roten Fehlersymbol markiert.
- Textfelder, die Fehler enthalten, werden mit einem roten Hintergrund markiert.

Wenn Fehler vorhanden sind und Sie versuchen, den Tab `Installation` zu verlassen, erscheint ein Dialog mit den folgenden Optionen:

1. Lösen Sie das Problem, um alle Fehler zu beseitigen. Dies wird sichtbar wenn das rote Fehlersymbol neben dem Text `Sicherheit` auf der linken Seite des Bildschirms verschwunden ist.
2. Zuvor aktive Sicherheitskonfiguration wieder übernehmen. Verwirft jegliche Änderungen und lässt Sie nach Belieben fortfahren.

Wenn keine Fehler vorhanden sind und Sie versuchen, die Registerkarte zu verlassen, erscheint ein Dialog mit diesen Optionen:

1. Änderungen übernehmen und das System neustarten. Übernimmt die Sicherheitskonfigurationsänderungen und startet das System neu. Hinweis: Dies bedeutet nicht, dass alle Änderungen gespeichert wurden; Herunterfahren des Roboters zu diesem Zeitpunkt macht alle Änderungen an der Roboterinstallation, einschließlich der Sicherheitskonfiguration, rückgängig.
2. Die Sicherheitskonfiguration, die zuvor aktiv war, wieder übernehmen. Verwirft jegliche Änderungen und lässt Sie nach Belieben fortfahren.

15.3 Toleranzen

In der *Sicherheitskonfiguration* werden die physikalischen Grenzen festgelegt. Die Eingabefelder dieser Grenzwerte beinhalten keine Toleranzen: Toleranzen werden gegebenenfalls neben dem Feld angezeigt. Das *Sicherheitssystem* erfasst jegliche Überschreitungen der eingegebenen Grenzwerte. Der *Roboterarm* versucht Überschreitungen der Grenzwerte des Sicherheitssystems zu verhindern und löst bei Erreichen des Grenzwertes (abzüglich der Toleranz) einen Schutzstopp aus. Beachten Sie, dass ein Programm daher möglicherweise Bewegungen nicht ausführen kann, wenn diese sehr nahe an einer Grenze liegen, d.h. der Roboter ist unter Umständen nicht in der Lage, die für das Gelenk oder den TCP angegebene Höchstgeschwindigkeit zu erreichen.



WARNUNG:
Eine Risikobewertung mit den Grenzwerten und ohne Toleranzen ist stets erforderlich.



WARNUNG:
Toleranzen sind von der Softwareversion abhängig. Beim Aktualisieren der Software werden die Toleranzen u. U. geändert. Toleranzänderungen sind stets in den Änderungsbeschreibungen neuer Versionen enthalten.

15.4 Sicherheitsprüfsumme

Der Text in der Ecke rechts oben auf dem Bildschirm bietet eine Kurzfassung der Sicherheitskonfiguration, die der Roboter derzeit nutzt. Wenn sich der Text ändert,



zeigt dies an, dass sich auch die Sicherheitskonfiguration geändert hat. Durch Klicken auf die Prüfsumme werden die Details zur derzeit aktiven Sicherheitskonfiguration angezeigt.

15.5 Sicherheitsmodi

Unter normalen Bedingungen (d. h. wenn kein Sicherheitsstopp aktiv ist), befindet sich das Sicherheitssystem in einem der folgenden *Sicherheitsmodi*, von denen jeder über einen eigenen Satz von Sicherheitsgrenzen verfügt:

Normaler Modus: Der Sicherheitsmodus, der standardmäßig aktiv ist

Reduzierter Modus: Ist aktiv, wenn sich der TCP des Roboters in einer *Reduzierten Modus auslösen*- Ebene befindet (siehe 15.11) oder bei Auslösung durch einen konfigurierbaren Eingang (siehe 15.12).

Wiederherstellungsmodus: Wenn der Roboterarm einen der anderen Modi (d. h. den *Normalen* oder den *Reduzierten* Modus) verletzt hat und ein Stopp der Kategorie 0 durchgeführt wurde, wird der Roboterarm im *Wiederherstellungsmodus* gestartet. Dieser Modus ermöglicht die manuelle Einstellung des Roboterarms, bis alle Überschreitungen behoben sind. In diesem Modus ist es nicht möglich, Programme für den Roboter auszuführen.



WARNUNG:
Beachten Sie, dass Grenzwerte für die *Gelenkposition*, *TCP-Position* und *TCP-Ausrichtung* im *Wiederherstellungsmodus* deaktiviert sind. Lassen Sie daher beim Bewegen des Roboterarms äußerste Vorsicht walten.

Die Unterregisterkarten des `Sicherheitskonfigurations`-Bildschirms ermöglichen es dem Benutzer, separate Sätze von Sicherheitsgrenzen für den *Normalen* und den *Reduzierten* Modus festzulegen. Die Werkzeug- und Gelenkgrenzwerte des *Reduzierten* Modus bezüglich der Geschwindigkeit und des Schwungs müssen strenger sein als die des *Normalen* Modus.

Wenn eine Sicherheitsgrenze des aktiven Grenzwertsatzes überschritten wird, führt der Roboterarm einen Stopp der Kategorie 0 aus. Wenn eine aktive Sicherheitsgrenze, wie eine Gelenkpositionsgrenze oder eine Sicherheitsgrenze bereits beim Einschalten des Roboterarms überschritten ist, wird er im *Wiederherstellungsmodus* gestartet. So kann er leicht in den Bereich innerhalb der Sicherheitsgrenzen bewegt werden. Im *Wiederherstellungsmodus* ist die Bewegung des Roboterarms auf einen festen Bereich beschränkt, der vom Benutzer nicht angepasst werden kann. Details zu den Grenzwerten des *Wiederherstellungsmodus* befinden sich unter Hardware-Installationshandbuch.

15.6 Freedrive-Modus

Wenn sich im *Freedrive*-Modus (siehe 12.1.5) die Bewegung des Roboterarms bestimmten Grenzen annähert, fühlt der Benutzer eine abstoßende Kraft. Diese Kraft

wird für die Grenzen auf Position, Ausrichtung und Geschwindigkeit des Roboter-TCPs sowie die Position und die Geschwindigkeit der Gelenke generiert.

Der Zweck dieser abstoßenden Kraft ist es, den Benutzer darüber zu informieren, dass die aktuelle Position oder Geschwindigkeit einer Grenze nahe ist und zu vermeiden, dass der Roboter diese Grenze verletzt. Wenn jedoch vom Benutzer ausreichend Kraft auf den Roboterarm ausgeübt wird, kann die Grenze verletzt werden. Die Größe der Kraft erhöht sich, je näher der Roboterarm sich der Grenze annähert.

15.7 Passwortsperre

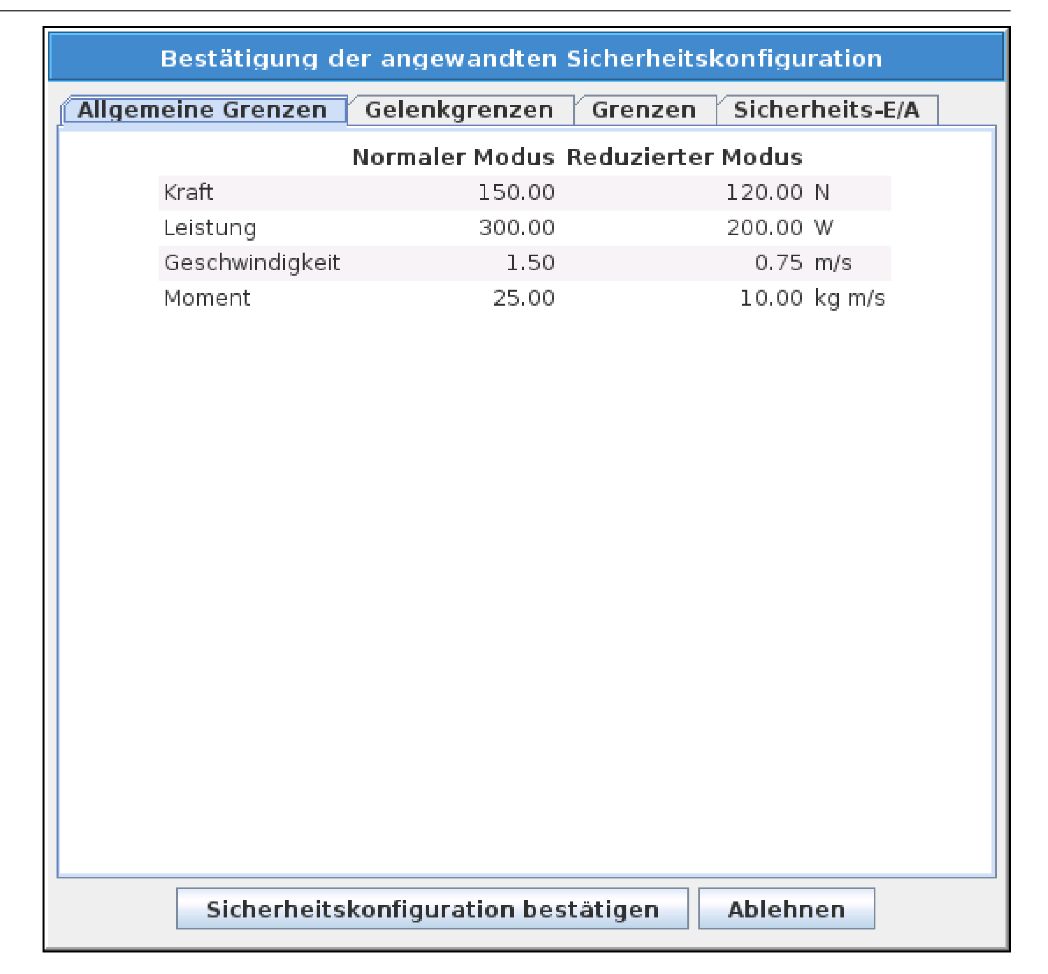
Alle Einstellungen auf diesem Bildschirm sind gesperrt, bis das korrekte Sicherheitspasswort (siehe 14.3) in das weiße Textfeld unten im Bildschirm eingegeben und die Taste `Entsperren` gedrückt wird. Der Bildschirm kann durch Klick auf die Taste `Sperren` wieder gesperrt werden. Der Tab `Sicherheit` wird automatisch gesperrt, wenn der Sicherheitskonfigurations-Bildschirm verlassen wird. Wenn die Einstellungen gesperrt sind, wird neben dem Text `Sicherheit` auf der linken Seite des Bildschirms ein Schlosssymbol angezeigt. Ein entsprechendes Symbol wird angezeigt, wenn die Einstellungen freigegeben sind.



HINWEIS:
Beachten Sie, dass der Roboterarm ausgeschaltet ist, wenn der Sicherheitskonfigurations-Bildschirm freigegeben ist.

15.8 Übernehmen

Beim Freigeben der Sicherheitskonfiguration wird der Roboterarm ausgeschaltet, während Änderungen vorgenommen werden. Der Roboterarm kann vor dem Übernehmen oder Annullieren der Änderungen nicht eingeschaltet werden. Danach ist ein manuelles Einschalten vom Initialisierungsbildschirm erforderlich. Alle Änderungen an der Sicherheitskonfiguration müssen vor dem Verlassen des Installations-Tab übernommen oder rückgängig gemacht werden. Diese Änderungen treten *nicht* in Kraft, bevor die Taste `Übernehmen` gedrückt wurde und dies bestätigt wurde. Die Bestätigung erfordert eine Sichtprüfung der Änderungen am Roboterarm. Aus Sicherheitsgründen sind die Informationen in SI-Einheiten angegeben. Ein Beispiel des Bestätigungsdialogs finden Sie in der Abbildung15.8.



Außerdem werden die Änderungen bei der Bestätigung automatisch als Teil der aktuellen Roboterinstallation gespeichert. Siehe 12.5 für weitere Informationen zum Speichern der Roboterinstallation.

15.9 Allgemeine Grenzen

Die allgemeinen Sicherheitsgrenzen dienen der Begrenzung der linearen Geschwindigkeit des Roboter-TCPs und der Kraft, die dieser auf die Umgebung ausüben kann. Sie setzen sich aus den folgenden Werten zusammen:

Kraft: Eine Grenze für die maximale Kraft, die der Roboter-TCP auf die Umgebung ausübt.

Leistung: Eine Grenze für die maximale mechanische Arbeit, die vom Roboter in der Umgebung produziert wird, wobei berücksichtigt wird, dass die Nutzlast Teil des Roboters und nicht der Umgebung ist.

Geschwindigkeit: Eine Grenze für die maximale lineare Geschwindigkeit des Roboter-TCPs.

Schwung: Eine Grenze für den maximalen linearen Schwung des Roboter-TCPs.

Es gibt zwei Wege zur Konfiguration der allgemeinen Sicherheitsgrenzen in der Installation; *Grundlegende Einstellungen* und *Erweiterte Einstellungen*, die nachstehend ausführlicher beschrieben werden.

Die Definition der allgemeinen Sicherheitsgrenzen legt nur die Grenzen für das Werkzeug, jedoch nicht die allgemeinen Grenzen des Roboterarms fest. Das bedeutet, dass trotz spezifizierter Geschwindigkeitsgrenze *nicht* garantiert ist, dass andere Teile des Roboterarms dieselbe Grenze einhalten.

Wenn sich im *Freedrive*-Modus (siehe 12.1.5) die aktuelle Geschwindigkeit des Roboter-TCP der *Geschwindigkeitsgrenze* zu sehr nähert, fühlt der Benutzer eine abstoßende Kraft, die immer stärker wird, je mehr sich die Geschwindigkeit der Grenze annähert. Die Kraft wird generiert, wenn die aktuelle Geschwindigkeit sich innerhalb von etwa 250 mm/s von der Grenze bewegt.

Grundlegende Einstellungen Das Unterfeld Anfängliche allgemeine Grenzen, angezeigt als Standardbildschirm, verfügt über einen Schieber mit den folgenden vordefinierten Wertsätzen für die allgemeinen Grenzen in den *Normalen* und *Reduzierten* Modi:

Sehr eingeschränkt: Für Sachverhalte bestimmt, in denen eine sehr hohe Gefährdung für Menschen durch Einwirkung des Roboterarms oder seiner Nutzlast vorliegen.

Eingeschränkt: Für Sachverhalte bestimmt, in denen ein hohes Risiko für Menschen durch Einwirkung des Roboterarms oder seiner Nutzlast vorliegen, aber der Roboterarm mit seiner Nutzlast über keine scharfen Kanten verfügt.

Standard: Für Sachverhalte bestimmt, in denen Menschen sich der Gefahr durch den Roboterarm und seine Nutzlast bewusst sind, und/oder die Anwendung keine scharfen Kanten hat bzw. keine Gefahr durch Quetschungen besteht.

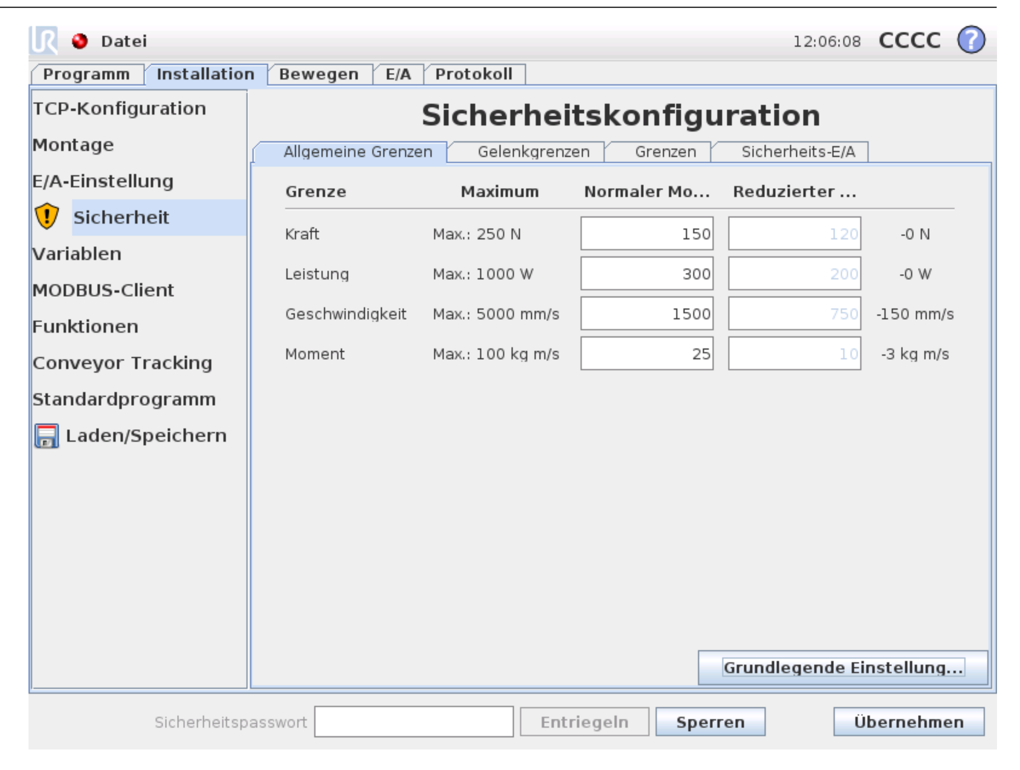
Schwach eingeschränkt: Für Sachverhalte bestimmt, in denen für Menschen nur ein minimales Risiko der Einwirkung des Roboterarms oder seiner Nutzlast besteht, wie etwa im Inneren von CNC-Maschinen, hinter Absperrungen oder an schwer zugänglichen Orten.

Diese Modi sind nur Vorschläge und eine richtige Risikobewertung muss immer durchgeführt werden.

Zu erweiterten Einstellungen wechseln Sollte *keiner* der vordefinierten Wertsätze befriedigend sein, kann die Taste `Erweiterte Einstellungen...` gedrückt werden, um zum Bildschirm Erweiterte allgemeine Grenzen zu gelangen.

Erweiterte Einstellungen





Hier kann jede der allgemeinen Grenzen, die in 15.9 definiert sind, unabhängig von den anderen geändert werden. Dies erfolgt, indem das entsprechende Textfeld angetippt und der neue Wert eingegeben wird. Der höchste akzeptierte Wert für jede der Grenzen ist in der Spalte mit dem Namen `Maximum` aufgelistet. Die Kraftbegrenzung kann auf einen Wert zwischen 100 N (50 N für den UR3) bis 250 N festgesetzt werden. die Leistungsgrenze zwischen 80 W bis 1000 W festgesetzt werden.

Beachten Sie, dass die Felder für Grenzen im Modus *Reduziert* deaktiviert sind, wenn weder eine Sicherheitsebene noch ein konfigurierbarer Eingang für die Auslösung eingestellt sind (siehe 15.11 und 15.12 für weitere Details). Weiterhin dürfen die Grenzen für *Geschwindigkeit* und *Schwung* im Modus *Reduziert* nicht höher als ihre Gegenstücke im Modus *Normal* sein.

Die Toleranz und Einheit der Grenzen sind jeweils am Ende der zugehörigen Zeile aufgelistet. Wenn ein Programm ausgeführt wird, wird die Geschwindigkeit des Roboterarms automatisch angepasst, damit keiner der eingegebenen Werte abzüglich der Toleranz überschritten wird (siehe 15.3). Beachten Sie, dass das Minuszeichen vor den Toleranzwerten lediglich angibt, dass die Toleranz vom eingegebenen Wert abgezogen wird. Das Sicherheitssystem führt einen Stopp der Kategorie 0 durch, falls der Roboterarm die Grenze (ohne Toleranz) überschreitet.

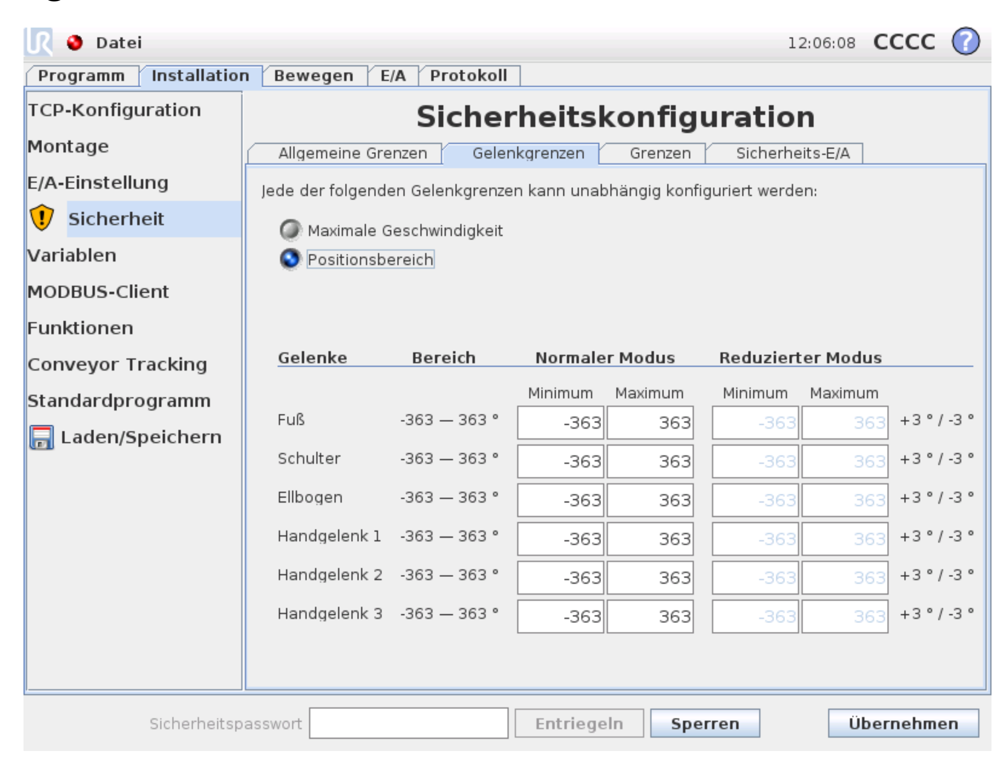


WARNUNG:
Die Geschwindigkeitsgrenze trifft nur auf den Roboter-TCP zu. Daher können sich andere Teile des Roboterarms schneller bewegen, als durch den definierten Wert vorgegeben.

Zu grundlegenden Einstellungen wechseln Durch Drücken der Taste `Grundlegende Einstellungen...` wird wieder zurück zum Bildschirm allgemeine Grenzen ge-

wechselt und alle allgemeinen Grenzen werden auf ihren vordefinierten *Standard* zurückgesetzt. Sollten dadurch angepasste Werte verloren gehen, wird ein Pop-up-Dialog zum Bestätigen der Aktion angezeigt.

15.10 Gelenkgrenzen



Gelenkgrenzen beschränken die Bewegung einzelner Gelenke im Gelenkraum, d. h. sie beziehen sich nicht auf den kartesischen Raum, sondern auf die interne (Drehungs-) Position der Gelenke und deren Drehgeschwindigkeit. Die Optionsschaltflächen im oberen Bereich des Unterfelds ermöglichen eine unabhängige Einstellung der `Maximalen Geschwindigkeit` und des `Positionsbereichs` für die Gelenke.

Wenn sich die aktuelle Position oder die Geschwindigkeit eines Gelenks im *Freedrive* Modus (siehe 12.1.5) den Grenzwerten zu sehr nähern, fühlt der Benutzer eine abstoßende Kraft, die immer stärker wird, je mehr sich das Gelenk der Grenze annähert. Die Kraft wird generiert, wenn die Gelenkgeschwindigkeit sich in etwa 20 °/s von der Geschwindigkeitsgrenze oder die Gelenkposition sich in etwa 8 ° der Positionsgrenze befindet.

Maximale Geschwindigkeit Diese Position definiert die maximale Winkelgeschwindigkeit für jedes Gelenk. Dies erfolgt, indem das entsprechende Textfeld angetippt und der neue Wert eingegeben wird. Der höchste akzeptierte Wert ist in der Spalte mit dem Namen `Maximum` aufgelistet. Keiner der Werte kann unter den Toleranzwert gesetzt werden.

Beachten Sie, dass die Felder für Grenzen im Modus *Reduziert* deaktiviert sind, wenn weder eine Sicherheitsebene noch ein konfigurierbarer Eingang für die Auslösung eingestellt sind (siehe 15.11 und 15.12 für weitere Details). Weiterhin dürfen die

Grenzen im Modus *Reduziert* nicht höher als ihre Gegenstücke im Modus *Normal* sein.

Die Toleranz und Einheit der Grenzen sind jeweils am Ende der zugehörigen Zeile aufgelistet. Wenn ein Programm ausgeführt wird, wird die Geschwindigkeit des Roboterarms automatisch angepasst, damit keiner der eingegebenen Werte abzüglich der Toleranz überschritten wird (siehe 15.3). Beachten Sie, dass das Minuszeichen vor den Toleranzwerten lediglich angibt, dass die Toleranz vom eingegebenen Wert abgezogen wird. Sollte die Winkelgeschwindigkeit eines Gelenks den eingegebenen Wert (ohne Toleranz) dennoch überschreiten, führt das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0 aus.

Positionsbereich Dieser Bildschirm definiert den Positionsbereich für jedes Gelenk. Dies erfolgt, indem das entsprechende Textfeld angetippt wird und die neuen Werte für die Ober- und Untergelenkpositionsgrenze eingegeben werden. Das eingegebene Intervall muss sich innerhalb der Werte, die in der Spalte namens `Bereich` aufgelistet sind, bewegen und die Untergrenze kann die Obergrenze nicht überschreiten.

Wenn das Handgelenk 3 für Anwendungen verwendet wird, die eine unbegrenzte Anzahl von Umdrehungen in beide Richtungen erfordern, dann prüfen Sie die Option `Unbeschränkte Grenzwerte für Handgelenk 3`.

Beachten Sie, dass die Felder für Grenzen im Modus *Reduziert* deaktiviert sind, wenn weder eine Sicherheitsebene noch ein konfigurierbarer Eingang für die Auslösung eingestellt sind (siehe 15.11 und 15.12 für weitere Details).

Die Toleranzen und Einheit der Grenzen sind jeweils am Ende der zugehörigen Zeile aufgelistet. Der erste Toleranzwert gilt für den Mindestwert und der zweite für den Maximalwert. Die Programmausführung wird abgebrochen, sobald die Position eines Gelenkes den Bereich, der sich aus der Addition der ersten Toleranz zum eingegebenen Mindestwert und Subtraktion der zweiten Toleranz vom eingegebenen Maximalwert errechnet, verlässt, falls es sich weiterhin entlang der voraussichtlichen Bahn fortbewegt. Beachten Sie, dass das Minuszeichen vor den Toleranzwerten lediglich angibt, dass die Toleranz vom eingegebenen Wert abgezogen wird. Sollte die Position des Gelenkes den eingegebenen Bereich dennoch verlassen, führt das Sicherheitssystem einen Stopp der Kategorie 0 aus.

15.11 Grenzen

In diesem Tab können Sie Grenzwerte bestehend aus Sicherheitsebenen und ein Limit auf der maximal zulässigen Abweichung der Roboterwerkzeugausrichtung konfigurieren. Es ist auch möglich, Ebenen zu definieren, die einen Übergang in den *Reduzierten* Modus auslösen.

Sicherheitsebenen können verwendet werden, um den zulässigen Arbeitsbereich des Roboters zu beschränken, indem erzwungen wird, dass der Roboter-TCP auf der richtigen Seite der definierten Ebenen bleibt und diese nicht durchquert. Es können bis zu acht Sicherheitsebenen konfiguriert werden. Die Beschränkung der Ausrichtung des Werkzeugs kann verwendet werden, um sicherzustellen, dass die

Ausrichtung des Roboterwerkzeugs nicht um mehr als den spezifizierten Wert von einer gewünschten Ausrichtung abweicht.



WARNUNG:
Das Definieren von Sicherheitsebenen begrenzt nur den TCP, jedoch nicht die allgemeinen Grenzen des Roboterarms. Das bedeutet, dass trotz spezifizierter Sicherheitsebene *nicht* garantiert ist, dass andere Teile des Roboterarms dieselbe Grenze einhalten.

Die Konfiguration jedes Grenzlimits basiert auf einer der Funktionen, die in der aktuellen Roboterinstallation definiert sind (siehe 12.12).



HINWEIS:
Es wird dringend empfohlen, dass Sie alle erforderlichen Funktionen für die Konfiguration der gewünschten Grenzwerte erstellen und ihnen entsprechende Namen zuordnen, bevor Sie die Sicherheitskonfiguration bearbeiten. Bitte beachten Sie, dass die Funktion `Werkzeug` (einschl. gegenwärtiger Position, Ausrichtung des Roboter-TCP und des *Freedrive*-Modus, siehe 12.1.5) nicht mehr verfügbar ist, sobald der *Sicherheits*-Tab entsperrt wird und damit der Roboterarm abgeschaltet wurde.

Wenn sich im Modus *Freedrive* (siehe 12.1.5) die aktuelle Position des Roboter-TCP einer Sicherheitsebene zu sehr nähert oder die Ausrichtungsabweisung des Roboterwerkzeugs sich zu sehr an die spezifizierte maximale Abweichung annähert, fühlt der Benutzer eine abstoßende Kraft, die zunimmt, je mehr sich der TCP der Grenze annähert. Die Kraft wird generiert, wenn der TCP sich in etwa 5 cm Abstand zu einer Sicherheitsebene befindet oder die Ausrichtungsabweichung des Werkzeugs etwa 3 ° von der spezifizierten maximalen Abweichung entfernt ist.

Wenn eine Ebene als *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene definiert ist und der TCP sich über den Grenzwert hinaus bewegt, wird der *Reduzierte* Modus aktiv, der wiederum die Sicherheitseinstellungen des *Reduzierten* Modus aktiviert. Auslöserebenen folgen denselben Regeln wie normale Sicherheitsebenen, abgesehen davon, dass sie zulassen, dass der Roboterarm sie durchquert.

15.11.1 Auswählen einer zu konfigurierenden Grenze

Das Feld `Sicherheitsgrenzwerte` auf der linken Seite des Tab wird verwendet, um ein zu konfigurierendes Grenzlimit auszuwählen.

Um eine Sicherheitsebene einzurichten, klicken Sie auf einen der acht oberen Einträge, die in dem Feld aufgelistet sind. Wenn die ausgewählte Sicherheitsebene bereits konfiguriert wurde, wird die zugehörige 3D-Darstellung der Ebene in der `3D-Ansicht` (siehe 15.11.2) rechts von diesem Feld hervorgehoben. Die Sicherheitsebene kann im Abschnitt `Eigenschaften der Sicherheitsebene` (siehe 15.11.3) im unteren Tab-Bereich eingestellt werden.

Klicken Sie auf den Eintrag `Werkzeuggrenze`, um die Ausrichtungsgrenze für das Roboterwerkzeug zu konfigurieren. Die Konfiguration des Limits kann im Abschnitt `Eigenschaften der Werkzeuggrenze` (siehe 15.11.4) im unteren Bereich des Tab spezifiziert werden.

Klicken Sie auf die Taste / , um die 3D-Visualisierung des Grenzlimits ein-/auszuschalten. Falls ein Grenzlimit aktiv ist, wird der *Sicherheitsmodus* (siehe 15.11.3 und 15.11.4) durch eines der folgenden Symbole angezeigt / / / .

15.11.2 3D-Visualisierung

Die `3D-Ansicht` zeigt die konfigurierten Sicherheitsebenen und das Limit der Ausrichtungsgrenze für das Roboterwerkzeug zusammen mit der aktuellen Position des Roboterarms an. Im Abschnitt `Sicherheitsgrenzen` werden alle konfigurierten Grenzeinträge, bei denen die Sichtbarkeitsschaltung ausgewählt ist (d. h. wird angezeigt), zusammen mit dem aktuell ausgewählten Grenzlimit angezeigt.

Die (aktiven) Sicherheitsebenen werden in Gelb und Schwarz zusammen mit einem kleinen Pfeil angezeigt, der für die Ebene Normal steht, was angibt, auf welcher Seite der Ebene der Roboter-TCP positioniert werden darf. Auslöserebenen werden in Blau und Grün dargestellt. Ein kleiner Pfeil zeigt die Seite der Ebene an, die *nicht* den Übergang in den *Reduzierten* Modus auslöst. Wenn eine Sicherheitsebene im Feld auf der linken Seite der Registerkarte ausgewählt wurde, wird die zugehörige 3D-Darstellung hervorgehoben.

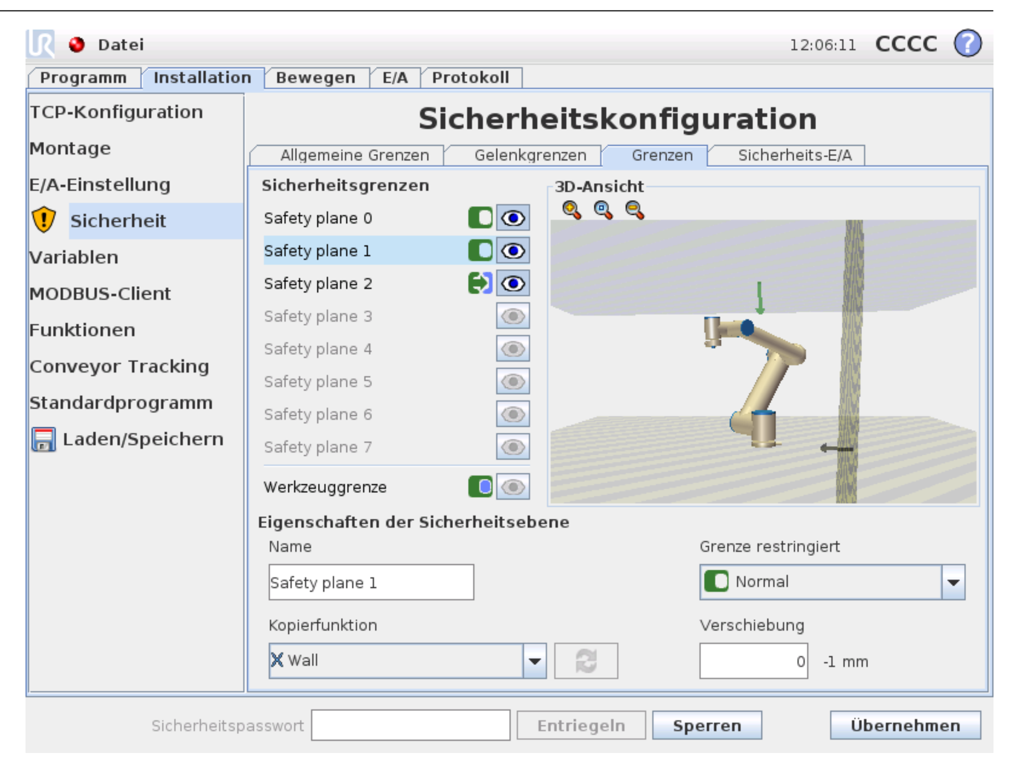
Das Limit der Werkzeugausrichtungsgrenze wird anhand eines sphärischen Kegels visualisiert, wobei ein Vektor die aktuelle Ausrichtung des Roboterwerkzeugs anzeigt. Das Innere des Kegels repräsentiert den zulässigen Bereich für die Werkzeugausrichtung (Vektor).

Wenn eine Ebene oder das Limit der Werkzeugausrichtungsgrenze konfiguriert, jedoch nicht aktiv ist, ist die Visualisierung grau.

Betätigen Sie die Lupensymbole, um hinein-/herauszuzoomen oder ziehen Sie einen Finger darüber, um die Ansicht zu ändern.

15.11.3 Sicherheitsebenenkonfiguration

Der Abschnitt `Eigenschaften der Sicherheitsebene` im unteren Teil der Tab definiert die Konfiguration der ausgewählten Sicherheitsebene im Feld `Sicherheitsgrenzen` im oberen linken Tab-Bereich.



Name Das Textfeld `Name` ermöglicht es dem Benutzer, der ausgewählten Sicherheitsebene einen Namen zuzuweisen. Dieser Name kann durch Tippen auf das Textfeld und Eingabe eines neuen Namens geändert werden.

Kopierfunktion Die Position und die Normale der Sicherheitsebene wird mithilfe einer Funktion (siehe 12.12) von der aktuellen Roboterinstallation spezifiziert. Nutzen Sie die Drop-down-Box auf der unteren linken Seite des Abschnitts `Eigenschaften der Sicherheitsebene`, um eine Funktion auszuwählen. Nur die Punkte und die Ebenentypenfunktionen sind verfügbar. Durch Auswahl des Elements `<Nicht definiert>` wird die Konfiguration der Ebene gelöscht.

Die Z-Achse der ausgewählten Funktion wird auf den verweigerten Bereich zeigen und die Normale der Ebene wird in die entgegengesetzte Richtung zeigen, außer wenn die Funktion `Basis` ausgewählt wird, in welchem Fall die Normale der Ebene in dieselbe Richtung zeigen wird. Falls die Ebene als *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene konfiguriert ist (siehe 15.11.3), zeigt die Normale der Ebene die Seite an, die *nicht* den Übergang in den *Reduzierten* Modus auslöst.

Es ist zu beachten, dass bei der Konfiguration einer Sicherheitsebene durch Auswahl einer Funktion die Positionsinformationen nur in die Sicherheitsebene *kopiert* werden; die Ebene ist *nicht* mit dieser Funktion verknüpft. Das bedeutet, dass wenn Änderungen an der Position oder Ausrichtung einer Funktion, die zur Konfiguration einer Sicherheitsebene genutzt wurde, gemacht wurden, die Sicherheitsebene nicht automatisch aktualisiert wird. Wenn sich die Funktion verändert hat, wird dies durch ein ⚠ Symbol angezeigt, das sich über dem Funktionseinsteller befindet. Klicken Sie die Taste neben der Auswahlfunktion, um die Sicherheitsebene mit der aktuellen Position und Ausrichtung der Funktion zu aktualisieren. Das ⚠ Symbol wird auch angezeigt, wenn die ausgewählte Funktion von der Installation

gelöscht wurde.

Sicherheitsmodus Mit dem Drop-down-Menü auf der rechten Seite des Felds `Eigenschaften der Sicherheitsebene` wird der *Sicherheitsmodus* der Sicherheitsebene ausgewählt. Dabei stehen folgende Modi zur Auswahl:

Modus	Beschreibung
`Deaktiviert`	Die Sicherheitsebene ist *zu keiner Zeit aktiv*;
`Normal`	Wenn sich das Sicherheitssystem im *Normalen* Modus befindet, ist eine `Normaler`-Modus-Ebene *aktiv* und agiert als *strenge Begrenzung* der TCP-Position des Roboters.
`Reduziert`	Wenn sich das Sicherheitssystem im *Reduzierten* Modus befindet, ist eine `Reduzierter`-Modus-Ebene *aktiv* und agiert als *strenge Begrenzung* der TCP-Position des Roboters.
`Normal u. Reduziert`	Wenn sich das Sicherheitssystem im *Normalen* oder *Reduzierten* Modus befindet, ist eine `Normale u. Reduzierte` Modus-Ebene *aktiv* und agiert als *strenge Begrenzung* der TCP-Position des Roboters.
`Reduzierten Modus auslösen`	Wenn sich das Sicherheitssystem im *Normalen* oder *Reduzierten* Modus befindet, ist eine *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene *aktiv*, die bewirkt, dass das Sicherheitssystem im *Reduzierten* Modus bleibt, solange sich der TCP des Roboters außerhalb dieser Ebene befindet.

Der ausgewählte *Sicherheitsmodus* wird durch ein Symbol im zugehörigen Eintrag im Feld `Sicherheitsgrenzen` angezeigt. Ist der *Sicherheitsmodus* auf `Deaktiviert` eingestellt, wird kein Symbol angezeigt.

Verdrängung Wenn eine Funktion in der Drop-down-Box auf der linken Seite des Felds `Eigenschaften der Sicherheitsebene` ausgewählt wurde, kann die Sicherheitsebene seitlich bewegt werden, indem das Textfeld `Verdrängung` im unteren rechten Bereich dieses Felds angetippt und ein Wert eingegeben wird. Durch die Eingabe eines positiven Werts wird der zulässige Arbeitsbereich des Roboters erhöht, indem die Ebene in die entgegengesetzte Richtung der Ebenennormale bewegt wird. Durch die Eingabe eines negativen Werts wird der zulässige Bereich verringert, indem die Ebene in Richtung der Ebenennormale bewegt wird.

Die Toleranz und Einheit für die Verdrängung der Grenzebene wird rechts neben dem Textfeld angezeigt.

Wirkung *strenger Grenz*-Ebenen Die Programmausführung wird abgebrochen, wenn die TCP-Position die Grenze einer aktiven, strengen Sicherheitsebene abzüglich

der Toleranz überschreitet (siehe 15.3), wenn sie sich weiter entlang der voraussichtlichen Bahn fortbewegt. Beachten Sie, dass das Minuszeichen vor den Toleranzwerten lediglich angibt, dass die Toleranz vom eingegebenen Wert abgezogen wird. Das Sicherheitssystem führt einen Stopp der Kategorie 0 durch, falls die TCP-Position die festgelegte Grenze einer Sicherheitsebene (ohne Toleranz) überschreitet.

Wirkung von *Reduzierten Modus auslösen*- Ebenen Wenn kein Sicherheitsstopp aktiv ist und das Sicherheitssystem sich nicht in dem besonderen *Wiederherstellungsmodus* befindet (siehe 15.5), ist es entweder im *Normalen* oder im *Reduzierten* Modus und die Bewegungen des Roboterarms sind durch die jeweiligen Grenzwerte beschränkt.

Standardmäßig befindet sich das Sicherheitssystem im *Normalen* Modus. Es wechselt in den *Reduzierten* Modus, sobald eine der folgenden Situationen eintritt:

a.) Der TCP des Roboters wird außerhalb einer *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene positioniert, d. h. er befindet sich auf der Seite der Ebene, die der Richtung des kleinen Pfeils in der Ebenendarstellung *gegenüber* liegt.

b.) Die Sicherheitseingangsfunktion `Reduzierter Modus` ist konfiguriert und die Eingangssignale sind niedrig (siehe 15.12 für weitere Details).

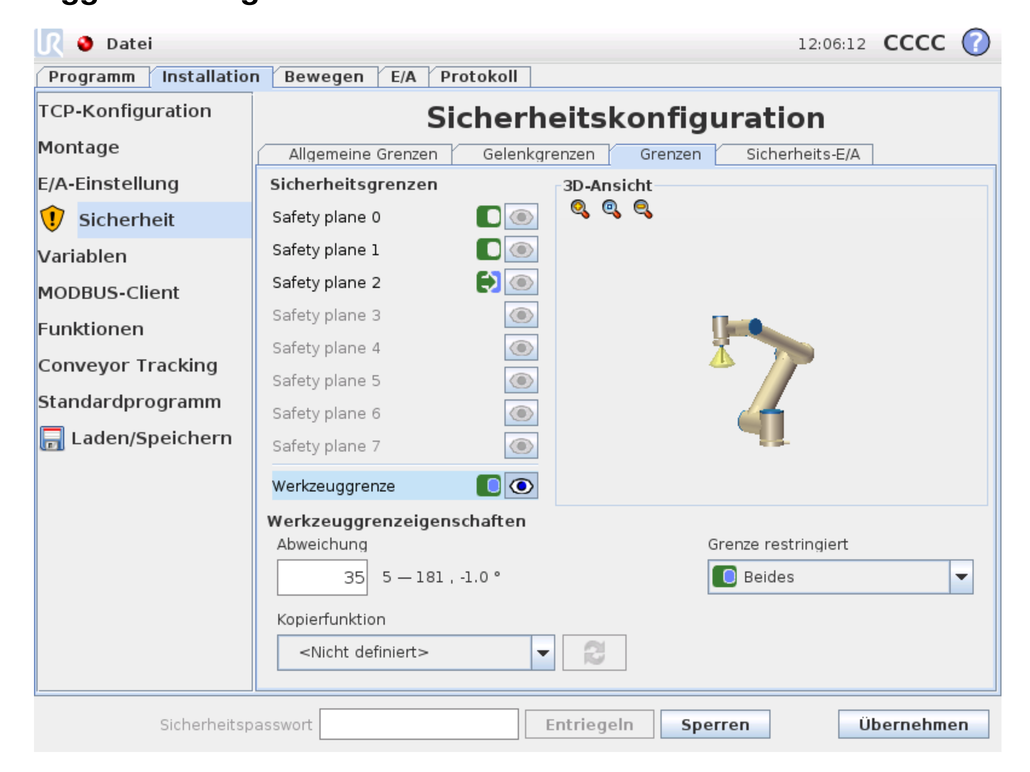
Wenn keiner der oben genannten Fälle mehr vorliegt, wechselt das Sicherheitssystem in den *Normalen* Modus zurück.

Wenn der Übergang vom *Normalen* in den *Reduzierten* Modus durch eine Bewegung durch eine *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene ausgelöst wird, wechselt das System von den Grenzwerten des *Normalen* Modus zu denen des *Reduzierten* Modus. Sobald sich der TCP des Roboters 20 mm oder näher an der *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene (jedoch noch auf der *Normalen* Modus-Seite) befindet, werden die toleranteren Grenzen des *Normalen* und *Reduzierten* Modus für die Grenzwerte angewendet. Sobald sich der TCP des Roboters auf die *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene bewegt, werden die Grenzen des *Normalen* Modus deaktiviert und die des *Reduzierten* Modus aktiviert.

Wenn ein Übergang vom *Reduzierten* in den *Normalen* Modus durch eine Bewegung in eine *Reduzierten Modus auslösen*- Ebene ausgelöst wird, wechselt das System von den Grenzwerten des *Reduzierten* Modus zu denen des *Normalen* Modus. Sobald sich der TCP des Roboters in die *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene bewegt, werden die toleranteren Grenzen des *Normalen* und *Reduzierten* Modus für die Grenzwerte angewendet. Sobald sich der TCP des Roboters 20 mm oder weiter von der *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene entfernt (auf der *Normalen* Modus-Seite) befindet, sind die Grenzen des *Reduzierten* Modus nicht mehr aktiv und die des *Normalen* Modus werden aktiviert.

Wenn die voraussichtliche Bahn des TCP durch eine *Reduzierten Modus auslösen*-Ebene verläuft, wird der Roboterarm bereits vor dem Eindringen in die Ebene abgebremst, falls er sonst die Grenzwerte der Gelenkgeschwindigkeit, der Werkzeuggeschwindigkeit oder des Schwungs dieser Ebene überschreiten würde. Beachten Sie, dass dieser Abbremsvorgang aufgrund der geringeren Grenzwerte im *Reduzierten* Modus nur beim Übergang vom *Normalen* in den *Reduzierten* Modus möglich ist.

15.11.4 Werkzeuggrenzkonfiguration



Das Feld `Eigenschaften der Werkzeuggrenze` im unteren Tab-Bereich definiert ein Limit für die Ausrichtung des Roboterwerkzeugs, das sich aus der gewünschten Werkzeugausrichtung und einem Wert für die maximal zulässige Abweichung von dieser Ausrichtung zusammensetzt.

Abweichung Das Textfeld `Abweichung` zeigt den Wert für die maximal zulässige Abweichung der Ausrichtung des Roboterwerkzeugs von der gewünschten Position. Ändern Sie diesen Wert, indem Sie das entsprechende Textfeld antippen und den neuen Wert eingeben.

Der zulässige Wertebereich zusammen mit der Toleranz und Einheit der Abweichung sind neben dem Feld aufgelistet.

Kopierfunktion Die gewünschte Ausrichtung des Roboterwerkzeugs wird mithilfe einer Funktion (siehe 12.12) von der aktuellen Roboterinstallation spezifiziert. Die Z-Achse der ausgewählten Funktion wird als Vektor für die gewünschte Werkzeugausrichtung für dieses Limit verwendet.

Nutzen Sie die Drop-down-Box auf der unteren linken Seite des Felds `Eigenschaften der Werkzeuggrenze`, um eine Funktion auszuwählen. Nur die Punkte und die Ebenentypenfunktionen sind verfügbar. Durch Auswahl des Elements `<Nicht definiert>` wird die Konfiguration der Ebene gelöscht.

Es ist zu beachten, dass bei der Konfiguration eines Limits durch Auswahl einer Funktion die Ausrichtungsinformationen nur in das Limit *kopiert* werden; das Limit ist *nicht* mit dieser Funktion verknüpft. Das bedeutet, dass wenn Änderungen an der Position und Ausrichtung einer Funktion, die zur Konfiguration des Limits

genutzt wurde, gemacht wurden, das Limit nicht automatisch aktualisiert wird. Wenn sich die Funktion verändert hat, wird dies durch ein ⚠ Symbol angezeigt, das sich über dem Funktionseinsteller befindet. Klicken Sie die Taste neben der Auswahlfunktion, um das Limit mit der aktuellen Ausrichtung der Funktion zu aktualisieren. Das ⚠ Symbol wird auch angezeigt, wenn die ausgewählte Funktion von der Installation gelöscht wurde.

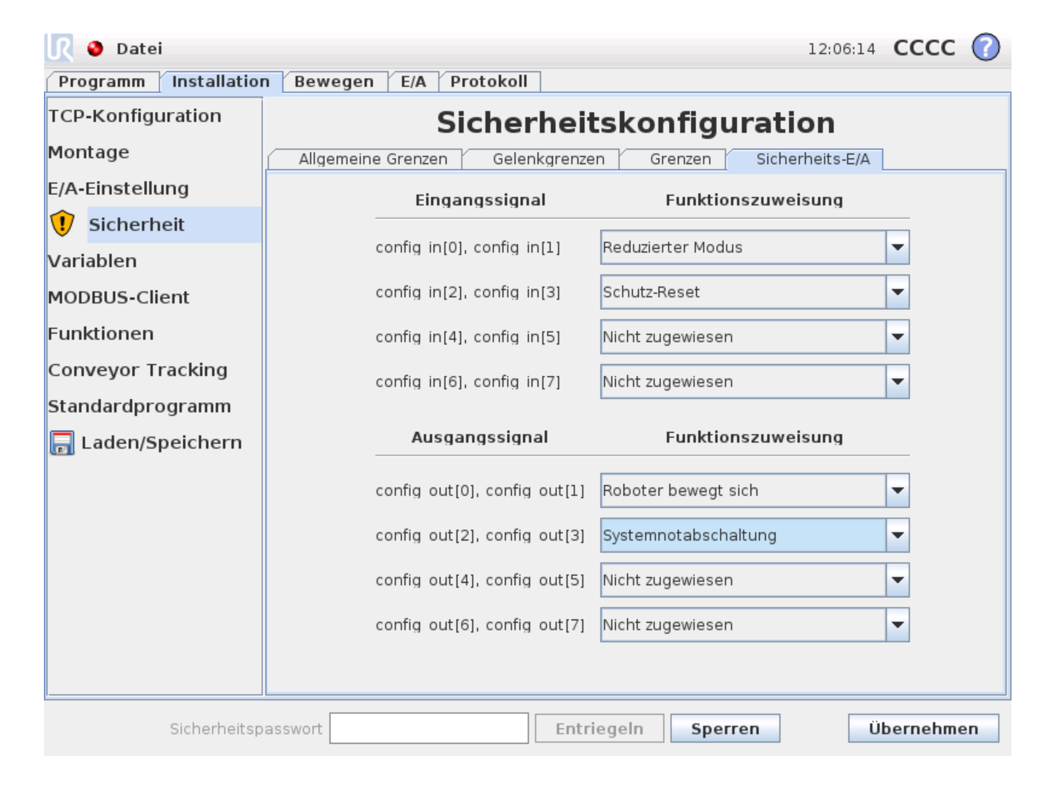
Sicherheitsmodus Mit dem Drop-down-Menü auf der rechten Seite des Felds `Werkzeuggrenzeigenschaften` wird der *Sicherheitsmodus* der Werkzeugausrichtungsgrenze ausgewählt. Die verfügbaren Optionen sind:

`Deaktiviert`	Das Werkzeuggrenzenlimit ist niemals aktiv.
`Normal`	Das Werkzeuggrenzenlimit ist aktiv, wenn sich das Sicherheitssystem im *Normalen* Modus befindet.
`Reduziert`	Das Werkzeuggrenzenlimit ist aktiv, wenn sich das Sicherheitssystem im *Reduzierten* Modus befindet.
`Normal u. Reduziert`	Das Werkzeuggrenzenlimit ist aktiv, wenn sich das Sicherheitssystem im *Normalen* oder im *Reduzierten* Modus befindet.

Der ausgewählte *Sicherheitsmodus* wird durch ein Symbol im zugehörigen Eintrag im Feld `Sicherheitsgrenzen` angezeigt. Ist der *Sicherheitsmodus* auf `Deaktiviert` eingestellt, wird kein Symbol angezeigt.

Wirkung Die Programmausführung wird abgebrochen, wenn die Abweichung der Werkzeugausrichtung die eingegebene maximale Abweichung abzüglich der Toleranz überschreitet (siehe 15.3) und der Roboter sich weiter entlang der voraussichtlichen Bahn fortbewegt. Beachten Sie, dass das Minuszeichen vor den Toleranzwerten lediglich angibt, dass die Toleranz vom eingegebenen Wert abgezogen wird. Das Sicherheitssystem führt einen Stopp der Kategorie 0 durch, falls die Abweichung der Werkzeugausrichtung die Grenze (ohne Toleranz) überschreitet.

15.12 Sicherheits-E/A



Dieser Bildschirm definiert die *Sicherheitsfunktionen* für konfigurierbare Ein- und Ausgänge (E/A). Die E/A sind aufgeteilt in Eingänge und Ausgänge und so gepaart, dass jede Funktion Kategorie 3 und PLd E/A.

Jede *Sicherheitsfunktion* kann jeweils nur ein E/A-Paar steuern. Wenn Sie versuchen, dieselbe Sicherheitsfunktion ein zweites Mal auszuwählen, wird sie aus dem ersten Paar der vorher definierten E/A entfernt. Es gibt 3 *Sicherheitsfunktionen* für Eingangssignale und 4 für Ausgangssignale.

Eingangssignale Für Eingangssignale können die folgenden *Sicherheitsfunktionen* ausgewählt werden:

- `Not-Aus`: Ist dies ausgewählt, ermöglicht dies die Option einer alternativen `Not-Aus`-Taste unter Einbeziehung der Taste, die sich auf dem Teach Pendant befindet. Dies bietet die gleiche Funktion, die die `Notabschaltungs`-Taste auf dem Teach Pendant bietet, wenn ein Gerät, das ISO 13850:2006 erfüllt, angeschlossen ist.
- `Reduzierter Modus`: Alle Sicherheitsgrenzen haben zwei Modi, in denen sie angewandt werden können: *Normaler* Modus, der die standardmäßige Sicherheitskonfiguration spezifiziert und *Reduzierter* Modus (siehe 15.5 für weitere Details). Wenn diese Eingangs-Sicherheitsfunktion gewählt ist, bewirkt ein niedriges Signal an die Eingänge, dass das Sicherheitssystem in den *Reduzierten* Modus wechselt. Wenn nötig, bremst der Roboterarm anschließend ab, um die Grenzen des *Reduzierten* Modus einzuhalten. Sollte der Roboterarm eine der Grenzen des *Reduzierten* Modus weiterhin überschreiten, führt er

einen Stopp der Kategorie 0 aus. Der Wechsel zurück in den *normalen* Modus geschieht auf gleiche Weise. Beachten Sie, dass Sicherheitsebenen auch einen Wechsel in den *Reduzierten* Modus bewirken können (siehe 15.11.3 für weitere Details).

- `Schutz-Reset`: Wenn `Schutzstopp` in den Sicherheits-E/A verkabelt ist, kann `Schutz-Reset` verwendet werden, um sicherzustellen, dass der Schutzstopp-Status beibehalten wird, bis ein Zurücksetzen ausgelöst wird. Der Roboterarm bewegt sich nicht, wenn er sich im Schutzstopp-Status befindet.



WARNUNG:
Standardmäßig ist die `Schutzstopp`-Eingangsfunktion für die Eingangs-Pins 0 und 1 konfiguriert. Vollständiges Deaktivieren bedeutet, dass der Roboterarm per Schutzstopp nicht länger deaktiviert bleibt, sobald der `Schutzstopp`-Eingabewert ansteigt. Mit anderen Worten bedeutet das, dass die `Schutzstopp`-Eingänge SI0 und SI1 ohne eine `Schutz-Reset`-Eingabe ermitteln, ob der Schutzstopp-Status aktiv ist oder nicht (siehe Hardware-Installationshandbuch).

Ausgangssignale Für Ausgangssignale können die folgenden *Sicherheitsfunktionen* angewandt werden: Alle Signale werden wieder niedrig, wenn der Status, der das hohe Signal ausgelöst hat, vorüber ist:

- `System-Notabschaltung`: Ein niedriges Signal wird ausgegeben, wenn das Sicherheitssystem in einen `per Schutz-Aus gestoppten` Status ausgelöst wurde. Andernfalls befindet es sich in einem hohen Signalstatus.
- `Roboter bewegt sich`: Ein niedriges Signal wird ausgegeben, wenn sich der Roboterarm in einem mobilen Status befindet. Wenn sich der Roboterarm in einer festen Position befindet, wird ein hohes Signal ausgegeben.
- `Roboter stoppt nicht`: Wenn der Roboterarm zum Anhalten aufgefordert wurde, wird ab der Anforderung etwas Zeit vergehen, bis der Arm stoppt. Während dieser Zeit wird das Signal hoch sein. Wenn sich der Roboterarm bewegt und nicht zum Anhalten aufgefordert wurde oder er sich in einer gestoppten Position befindet, ist das Signal niedrig.
- `Reduzierter Modus`: Sendet ein niedriges Signal, wenn sich der Roboterarm im *Reduzierten* Modus befindet oder wenn der Sicherheitseingang mit einem Eingang des `Reduzierten Modus` konfiguriert ist und das Signal derzeit niedrig ist. Andernfalls ist das Signal hoch.
- `Nicht reduzierter Modus`: Dies ist der Gegensatz des `Reduzierten Modus`, der oben definiert ist.

Glossar

Kategorie 0-Stopp : Roboterbewegung wird durch die sofortige Trennung der Stromversorgung an den Roboter gestoppt. Es ist ein ungesteuerter Stopp, bei dem der Roboter vom programmierten Pfad abweichen kann, wenn jedes Gelenk so schnell wie möglich bremst. Dieser Sicherheitsstopp wird verwendet, wenn ein sicherheitsrelevanter Grenzwert überschritten wird oder eine Störung in den sicherheitsrelevanten Teilen des Steuersystems auftritt. Für weitere Informationen siehe EN ISO 13850:2008 oder IEC 60204-1:2006.

Kategorie 1-Stopp: Roboterbewegung wird gestoppt, indem der dem Roboter verbleibende Strom zum Erzielen des Stopps eingesetzt wird und die Stromversorgung getrennt wird, wenn der Stopp erzielt wurde. Es ist ein gesteuerter Stopp, bei dem der Roboter dem programmierten Pfad weiterhin folgt. Die Stromversorgung wird nach einer Sekunde oder sobald der Roboter still steht getrennt. Für weitere Informationen siehe EN ISO 13850:2008 oder IEC 60204-1:2006.

Kategorie 2-Stopp: Ein gesteuerter Stopp, bei dem dem Roboter weiterhin Strom zur Verfügung steht. Der Roboter kann bis zu einer Sekunde brauchen, um alle Bewegungen zu stoppen. Das sicherheitsrelevante Steuersystem überwacht, dass der Roboter in der Stopp-Position verbleibt. Für weitere Informationen siehe IEC 60204-1:2006.

Der Diagnosedeckungsgrad (DC): gibt die Wirksamkeit der Diagnose an, die für das Erreichen der angegebenen Leistungsebene implementiert ist. Für weitere Informationen siehe EN ISO 13849-1:2008.

Integrator: Der Integrator legt die endgültige Roboterinstallation aus. Der Integrator ist für die abschließende Risikobewertung verantwortlich und muss sicherstellen, dass die endgültige Installation den lokal geltenden Gesetzen und Vorschriften entspricht.

MTTFd: Die Mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Ausfall (MTTFd) ist ein Wert auf Basis von Berechnungen und Tests, der dazu verwendet wird, das angegebene Leistungsniveau zu erreichen. Für weitere Informationen siehe EN ISO 13849-1:2008.

Risikobewertung: Eine Risikobewertung umfasst den gesamten Vorgang der Identifizierung aller Risiken und deren Reduzierung auf ein angemessenes Niveau. Eine Risikobewertung sollte stets dokumentiert werden. Siehe ISO 12100 für weitere Informationen.

Performance Level (PL): Der Performance Level ist eine diskrete Stufe, die genutzt wird, um die Fähigkeit von sicherheitsrelevanten Teilen des Steuersystems zur Ausführung von Sicherheitsfunktionen unter vorhersehbaren Bedingungen zu spezifizieren. PLd ist die zweithöchste Zuverlässigkeitsklassifikation, was bedeutet, dass die Sicherheitsfunktion extrem zuverlässig ist. Für weitere Informationen siehe EN ISO 13849-1:2008.

Index